



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Toxické látky v potravinách a veřejné zdraví**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studijní program:

**OCHRANA OBYVATELSTVA**

**Autor:** Bc. Filip Sosna

**Vedoucí práce:** Mgr. et Mgr. Uday Kumar Killi, Ph.D.

**České Budějovice 2022**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem Toxické látky v potravinách a veřejné zdraví jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 9. 5. 2022 .....

Bc. Filip Sosna

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Mgr. et Mgr. Uday Kumar Killimu, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat všem respondentům, kteří byli ochotní vyplnit dotazníky pro mé výzkumné šetření.

# Toxické látky v potravinách a veřejné zdraví

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývala oblastí toxických látek v potravinách a jejich vlivem na veřejné zdraví. Práce si dala za cíl popsat druhy a výskyt toxických látek, analyzovat současný stav toxických látek, vyskytujících se v potravinách a definovat jejich vliv na veřejné zdraví. Dále měla za cíl popsat účinky toxických látek na lidský organismus. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část práce nejprve seznamuje s historickým původem vědního oboru toxikologie. Dále definuje základní toxikologické pojmy a parametry. Popisuje faktory ovlivňující toxicitu látek, absorpci, distribuci, vliv metabolismu a exkreci toxických látek.

Cíl 1 byl splněn popsáním základních druhů přirozených a cizorodých toxických látek. Dále byl popsán jejich výskyt a definován jejich vliv na veřejné zdraví. Ve vazbě na Cíl 2 byly popsány účinky toxických látek na lidský organismus. Účinky toxických látek se mohou projevit mnoha způsoby. Může to být lehká nevolnost, nebo dokonce až smrt.

Druhá polovina teoretické části se věnuje toxickým látkám v potravinářském průmyslu. Popisuje masivní nárůst využívání chemikálií v potravinářství a zemědělství, ať už se jedná o různé pesticidní prostředky, například k ošetření zemědělských plodin, nebo různé přídatné látky, které se přidávají do potravin za účelem vylepšení některých jejich vlastností. Některé z těchto látek mohou mít nepříznivý vliv na zdraví, a i když je konzumujeme v potravinách v množstvích, která jsou povolena legislativou, nikdo nemá přesnou představu o tom, co nám konzumace přídatných látek a reziduí pesticidů v potravinách může způsobit v dlouhodobém horizontu.

Praktická část zkoumá povědomí běžné populace o toxických látkách v potravinách a jejich vlivu na veřejné zdraví. Praktická část byla vytvořena pomocí kvantitativního výzkumu, který byl proveden prostřednictvím dotazníkového šetření. Dotazník byl vytvořen na základě teoretické části práce. Výzkumný soubor tvořilo 114 respondentů z řad běžné populace. Dotazník tvořilo 21 otázek, které zkoumaly povědomí adresátů o oblasti toxických látek v potravinách a veřejném zdraví. Výsledky výzkumného šetření odpovídaly na dvě výzkumné otázky, které si práce položila. Zda se veřejnost orientuje

v dané oblasti a jestli se znalosti respondentů liší podle vzdělanosti. Výsledky byly graficky zpracovány a vyhodnoceny. Bylo zjištěno, že veřejnost se příliš neorientuje v oblasti toxických látek v potravinách a veřejném zdraví.

Práce může sloužit jako souhrnný edukační materiál o toxických látkách v potravinách a veřejném zdraví. Mezi teoretické přínosy této práce patří analýza současného stavu toxických látek v potravinách, včetně popsání kontrolních orgánů a příslušné legislativy v oblasti toxických látek v potravinách a veřejného zdraví. Mezi praktické přínosy patří vytvoření dotazníku, který zkoumal povědomí veřejnosti o této problematice. Na základě dosažených výsledků lze navrhnout navazující práce – například prozkoumání možnosti zvýšení povědomí veřejnosti o toxických látkách v potravinách.

### **Klíčová slova**

Toxikologie; toxická látka; potraviny; zdraví; pesticidy; přídatné látky

# **Toxic substances in food and public health**

## **Abstract**

This diploma thesis dealt with the area of toxic substances in food and their impact on public health. The work aims to describe the types and occurrence of toxic substances, analyze the current state of toxic substances found in food and define their impact on public health. It also aimed to describe the effects of toxic substances on the human body. The work is divided into theoretical and practical part.

The theoretical part first introduces the historical origins of the scientific field of toxicology. It also defines basic toxicological terms and parameters. Describes factors affecting the toxicity of substances, absorption, distribution, the effect of metabolism and excretion of toxic substances.

Objective 1 was met by describing the basic types of natural and foreign toxic substances. Furthermore, their occurrence was described and their impact on public health was defined. The effects of toxic substances on the human body have been described in relation to Objective 2. The effects of toxic substances can manifest themselves in many ways. It can be mild nausea or even death.

The second half of the theoretical part deals with toxic substances in the food industry. It describes a massive increase in the use of chemicals in food and agriculture, whether they are various pesticides, crop treatments, or various additives that are added to foods to improve some of their properties. Some of these substances can have an adverse effect on health, and when we consume them in food in quantities that are permitted by legislation, no one has a clear idea of what the consumption of additives and pesticide residues in food can cause us in the long term.

The practical part examines the awareness of the general population about toxic substances in food and their impact on public health. The practical part was created using quantitative research, which was conducted through a questionnaire survey. The questionnaire was created on the basis of the theoretical part of the work. The research group consisted of 114 respondents from the general population. The questionnaire consisted of 21 questions that examined the addressees' awareness of toxic substances in food and public health. The results of the research survey corresponded the given

knowledge to two research questions, which asked the work whether the public is oriented in the field and whether they differ according to their education. The results were graphically processed and evaluated. It was found that the public is not very familiar with toxic substances in food and public health.

The work can serve as a comprehensive educational material on toxic substances in food and public health. The theoretical benefits of this work include an analysis of the current state of toxic substances in food, including a description of control authorities and relevant legislation in the field of toxic substances in food and public health. Among the practical benefits is the creation of a questionnaire that examined public awareness of this issue. Based on the achieved results, follow-up work can be proposed – for example, exploring the possibility of raising public awareness of toxic substances in food.

### **Keywords**

Toxicology; toxic substance; foodstuffs; health; pesticides; additives

## Obsah

1. Teoretická část .....	13
1.1. Vymezení pojmu toxikologie .....	13
1.2. Historický vývoj toxikologie .....	13
1.2.1. Vznik toxikologie jako samostatného vědního oboru.....	15
1.2.2. Současné hlavní toxikologické obory .....	16
1.3. Základní toxikologické pojmy.....	16
1.3.1. Základní toxikologické parametry .....	17
1.3.2. Přehled základních srovnávacích parametrů.....	18
1.3.3. Přehled obecně používaných zkratk.....	18
1.4. Faktory ovlivňující toxicitu látek .....	19
1.4.1. Fyzikální a chemické vlastnosti .....	19
1.5. Toxikokinetika.....	20
1.5.1. Absorpce .....	20
1.5.2. Distribuce.....	23
1.5.3. Metabolismus.....	23
1.5.4. Eliminace .....	23
1.6. Účinky toxických látek na lidský organismus.....	24
1.6.1. Přímý toxický účinek .....	25
1.6.2. Biochemický účinek .....	25
1.6.3. Imunotoxický účinek .....	25
1.6.4. Mutageneze a karcinogenita .....	26
1.6.5. Teratogenita .....	27
1.6.6. Pneumotoxicita .....	27



1.6.7.	Hepatotoxicita .....	28
1.6.8.	Nefrotoxicita .....	29
1.6.9.	Neurotoxicita .....	30
1.7.	Toxické látky a potravinářský průmysl .....	31
1.7.1.	Ochrana veřejného zdraví ve světě .....	31
1.7.2.	Bezpečnost potravin v ČR a EU .....	32
1.7.3.	Legislativní ukotvení toxických a přídatných látek v ČR.....	33
1.8.	Toxické látky přírodního původu .....	34
1.8.1.	Alkaloidy .....	34
1.8.2.	Kyanogeny .....	35
1.8.3.	Methylxanthiny .....	36
1.8.4.	Fytoestrogeny.....	37
1.8.5.	Taniny .....	37
1.8.6.	Lektiny .....	38
1.9.	Mykotoxiny .....	38
1.10.	Bakteriální toxiny .....	39
1.11.	Těžké kovy.....	40
1.11.1.	Rtuť .....	40
1.11.2.	Kadmium.....	41
1.11.3.	Olovo.....	42
1.11.4.	Arsen .....	42
1.12.	Veterinární léčiva.....	43
1.13.	Přídatné látky .....	44
1.13.1.	Klady a zápory použití přídatných látek .....	44
1.13.2.	Podmínky použití přídatných látek .....	45

1.14.	Pesticidy.....	46
1.14.1.	Klasifikace pesticidních přípravků.....	48
1.14.2.	Maximální limity reziduí pesticidů.....	48
1.14.3.	Dichlordifenyltrichloretany (DDT).....	49
1.15.	Dusičnany a dusitany.....	50
1.15.1.	Nitrosaminy.....	51
1.16.	Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	52
2.	Cíle práce a výzkumné otázky.....	53
3.	Metodika.....	54
3.1.	Výzkumný soubor.....	54
3.2.	Sběr dat.....	54
4.	Výsledky.....	56
5.	Diskuze.....	77
6.	Závěr.....	83
7.	Seznam literatury.....	85
8.	Přílohy.....	90
9.	Seznam obrázků.....	95
10.	Seznam zkratk.....	97

## Úvod

Potraviny jsou nezbytnou součástí našeho života. Jsou důležité pro vývoj, fungování i reprodukci a mají vliv na kvalitu života, jeho délku i zdravotní stav populace. Avšak kromě látek zdraví prospěšných, mohou obsahovat i látky toxické. Toxické látky můžeme rozdělit na dva základní druhy, na přirozené toxické látky a na látky cizorodé. Přirozeně toxické látky mají biologický původ, zatímco látky cizorodé ho nemají. Účinek těchto látek vždy záleží na množství, které se dostane do organismu. Veřejnost je každý den vystavena mnoha průmyslovým chemikáliím nejen v potravinách, ale i ve vodě, vzduchu a spotřebním zboží.

V roce 1900 žilo na planetě Zemi přibližně 1,5 miliardy lidí, v současnosti je to již téměř 8 miliard. Tento extrémní nárůst populace přinesl také větší nároky na potravinářský průmysl. Aby bylo možné zajistit dostatečné množství čerstvých plodin pro stále se zvyšující světovou populaci, muselo v průběhu 20. století dojít také k velkému rozvoji potravinářského a zemědělského průmyslu. Začala se v obrovském množství používat celá řada přídatných látek a pesticidních prostředků. Některé perzistentní pesticidy, které se v minulosti používaly, měly dokonce karcinogenní účinky. Dnes jsou již sice zakázané, ovšem stále je jejich detekovatelné znečištění v životním prostředí. Dnešní moderní pesticidy zahrnují několik set registrovaných účinných látek, rozdělených do několik skupin použití. Ošetření zemědělských plodin těmito pesticidy může znamenat jejich určitá rezidua v potravinách. Ovšem správnou mechanickou úpravou a dalším zpracováním by mělo dojít k minimalizaci těchto zbytků, či úplné eliminaci. Avšak mnoho analýz prováděných i v České republice, nás přesvědčuje o opaku a řada prodávaných potravin obsahuje detekovatelné množství rezidua pesticidů.

Za účelem vylepšení některých vlastností potravin, se do řady z nich přidávají záměrně přídatné látky, které se označují mezinárodním kódem E. Ty se nejčastěji používají pro prodloužení spotřební doby potravin, v tom případě se jedná o konzervační látky. Dále to mohou být látky antimikrobiální, sladidla, antioxidanty, či látky, které zlepšují sensorické vlastnosti potravin, tedy jejich chuť, barvu, vůni, konzistenci a podobně. Celkově jich je několik set. Otázkou je jejich vliv na lidské zdraví. To se samozřejmě

liší v závislosti na druhu přídatné látky. Většina přírodních aditiv je bezpečná pro lidské zdraví, ovšem nevýhodou je jejich vyšší cena. Naopak umělá aditiva mohou mít nepříznivý vliv na lidské zdraví. Ve větším množství mohou způsobit zdravotní problémy.

Dalším možným rizikem pro spotřebitele jsou látky, které vznikají během technologických procesů zpracování potravin, například různé karcinogenní látky, které mohou vznikat při zpracování uzeného masa, sýrů, konzervovaných ryb a dalších produktů. Výskyt toxických látek může také přímo souviset s půdními podmínkami, skladováním, zpracováním a hygienickými podmínkami. Zde se může jednat o výskyt například mykotoxinů, či biogenních aminů.

Toxikologicky významné látky se tedy v naší potravě mohou vyskytovat hned z několika důvodů, ať už je to z přirozeného výskytu těchto látek, či jsou do nich přidávány za účelem vylepšení jejich vlastností, případně se do naší potravy dostanou kontaminací nevhodným zpracováním, skladováním a v průběhu dalších procesů spojených se zpracováním potravin. Můžeme tedy říct, že absolutní bezpečnost potravin stanovit nelze. Ovšem riziko lze snížit na minimum, a to dodržováním správných technologických procesů, odstraněním všech faktorů a příčin kontaminace toxickými látkami, správným skladováním a následnou kulinářskou přípravou potravin. Prostě snažit se odstranit všechny vlivy, které by mohly negativně ovlivnit zdravotní nezávadnost potravin.

## 1. Teoretická část

### 1.1. Vymezení pojmu toxikologie

Toxikologii lze popsat jako interdisciplinární vědní disciplínu, která je úzce spjatá především s chemií a biologií. Zjednodušeně ji můžeme definovat jako obor, který se zabývá působením chemických látek na živé organismy. A to jak na člověka, tak i na ostatní živočichy. Stanovuje toxické látky, zkoumá a hledá symptomy, mechanismy toxicity a také vhodnou diagnostiku a následnou léčbu. Toxikologie tedy spojuje biologii, medicínu, fyziologii, patofyziologii, biochemii, chemii a farmakologii. (Pohanka, 2013)

### 1.2. Historický vývoj toxikologie

Historie toxikologie sahá k nejstarším lidským obyvatelům naší planety. S jistotou lze předpokládat, že již pravěcí lidé dokázali kategorizovat rostliny jako škodlivé a jiné jako bezpečné. Totéž pravděpodobně platilo i pro hady a jiná zvířata. Znalost jedovatých látek živočichů a rostlin byla následně využita pro lovení, válčení, ale i otravy. O tom svědčí i samotný název tohoto oboru, kdy ve staré řečtině neslo slovo toxon označení pro luk, a to přibližně již 2000 let př. n. l.. Podobně je tomu i u slova šíp, které se ve staré řečtině označovalo slovem toxicon. Šíp s otráveným hrotem se nazýval toxicon pharmacon. Paradoxně se původní řecké slovo pro jed, pharmacon, dnes užívá pro léky. A základ původního řeckého slova šíp – toxicon se dnes užívá pro jedy. (Klaassen, 2008; Klusoň, 2014)

V roce 1500 př. n. l. vznikl Ebersův papyrus, první písemný dokument obsahující informace o mnoha jedech. Zabývá se například jedlovcem, akonitem (čínský šípový jed), opiem (používá se jako jed i protijed), dále popisuje kovy jako olovo, měď, antimon a další látky. Kolem roku 400 př. n. l. přidal Hippokrates další řadu jedů a související principy klinické toxikologie. Popsal zde možnou terapii a předávkování. Ve středověku se rozšířilo travičství a činy travičů hrály důležitou roli v rozdělení moci v celé Evropě. V patnáctém století byla popsána první rizika pro práci s kovy. Dále se řešilo zdraví horníků a jejich nemoci z povolání. (Klaassen, 2008; Klusoň, 2014)

Významnou postavou vědy a medicíny v období pozdního středověku byl švýcarský lékař Aureolus Phillipus Theoprastus Bombastus von Hohenheim (Obr. č. 1). V roce

1515 přijal latinské jméno Paracelsus, pod kterým je dnes známý. V šestnáctém století probíhala vzpoura proti autoritářské katolické církvi, objevili se zde stoupenci Hippokrata a Galena. Paracelsus ztělesňoval vlastnosti, které znamenaly značné změny v tomto období. Formuloval mnoho revolučních názorů, které dodnes zůstávají nedílnou součástí tohoto oboru. Zavedl například to, že léčba musí být zahájena diagnózou. Následuje léčba prováděná lékařem a předepisování léčiv. Dále pro něho bylo zásadní zkoumání reakcí na chemické látky. Rozlišovat terapeutické a toxické vlastnosti těchto látek. Tyto vlastnosti mohou být někdy rozlišitelné pouze v použité dávce. Z toho také vychází Paracelsův nejslavnější výrok, který je citován snad v každé knize o toxikologii a který zní takto: „*Není netoxických látek ani připravených nebo přírodních. Toliko dávka rozlišuje lék od jedu.*“ (Klaassen, 2008; Klusoň, 2014)



**Obrázek č. 1:** Paracelsus (1493 – 1541)

**Zdroj:** [https://www.researchgate.net/figure/Unknown-Flemish-artist-first-half-of-the-17th-century-Presumed-portrait-of-the\\_fig1\\_51175084](https://www.researchgate.net/figure/Unknown-Flemish-artist-first-half-of-the-17th-century-Presumed-portrait-of-the_fig1_51175084).

Začátek devatenáctého století byl v duchu průmyslové a politické revoluce. Organická chemie byla ještě v začátcích, avšak do roku 1825 se podařilo syntetizovat látky jako fosgen a yperit. Tyto dvě chemikálie se nechvalně proslavily svým pozdějším použitím

během 1. světové války, a i v dalších válečných konfliktech. Do roku 1880 bylo syntetizováno přes 10 000 organických látek, nejvýznamnějšími z nich byly chloroform, uhlík tetrachlorid, diethylether, kyselina uhličitá, ropa a další vedlejší produkty uhlí. Na přelomu 19. a 20. byla taktéž zjištěna toxicita benzenu. Zájem o danou problematiku byl však v té době ještě malý. V druhé polovině 19. století nastává průlom, kdy dochází k přijetí zákonů o pojištění pracovníků. Nejprve v roce 1883 v Německu, poté v roce 1897 v Anglii a později v roce 1910 ve Spojených státech. Tomu všemu předcházely toxikologické objevy v průmyslu. (Klaassen, 2008)

### ***1.2.1. Vznik toxikologie jako samostatného vědního oboru***

Stanovení potencionální toxicity nově vytvořených chemikálií v průběhu 19. století se stalo základem pro vznik toxikologie, jako samostatného vědního oboru. Rychlý rozvoj a růst organické chemie během 19. století doprovázela experimentální toxikologie. První skutečné zásadní výzkumy v experimentální toxikologii a položení základů pro farmakologii a experimentální terapii mají Francois Magendie (1783-1855), Mateu Orfila (1787-1853) a Claude Bernard (1813-1878). Španělský lékař Mateu Orfila se věnoval hlavně toxickým a terapeutickým účinkům chemických sloučenin a chemickým zkouškám, díky kterým můžeme určit výskyt chemikálií v těle v souvislosti s otravou. Koncem roku 1813 měl již takové množství informací, že se rozhodl vydat své zásadní dílo, knihu Toxicologie générale. Jednalo se vlastně o první učebnici, která byla věnována toxikologii, proto se rok 1813 považuje za rok vzniku toxikologie jako samostatného vědního oboru a Mateu Orfila je brán za jejího zakladatele. (Klaassen, 2008; Havlenová, 2012; Klusoň, 2014)

Další lékař a experimentální fyziolog Francois Magendie studoval mechanismy emetinu, strychninu a dalších „šípových jedů“. Jeho výzkum o vstřebávání a distribuci těchto látek v těle se stal základem pro toxikologii a farmakologii. Jeden z nejslavnějších studentů Magendieho Claude Bernard pokračoval ve studiu těchto jedů a přidal i mechanismus působení oxidu uhelnatého. Na začátku dvacátého století se toxikologie zabývala především vztahem mezi strukturou chemických látek a jejich účinkem. Byla velmi těsně propojena s farmakologií. Rozvoj chemické výroby a průmyslu významně pomohl k rozšíření toxikologie, jelikož začalo docházet k velkému zatěžování životního prostředí chemikáliemi. Například v roce 1950 se roční světová

výroba chemikálií pochybovala okolo 7 milionů tun a roku 2000 už to bylo okolo 300 milionů tun. (Klaassen, 2008; Havlenová, 2012; Klusoň, 2014)

### ***1.2.2. Současné hlavní toxikologické obory***

Toxikologie v současnosti souvisí především s biologickými vědami, jako jsou biologie, lékařství, molekulární biologie a genetika. Dále s chemickými vědami, jako jsou anorganická chemie, organická chemie, fyzika a biochemie. Dělí se na tři základní části, na část popisnou, experimentální a teoretickou. Postupem času vzniklo velké množství aplikovaných odvětví toxikologie. (Krystyník)

V současné době jsou to především následující obory:

- a) **Popisná toxikologie** – popisuje poškození organismu toxickými látkami.
- b) **Predikční toxikologie** – odhaduje toxicitu ze struktur chemických látek.
- c) **Forenzní toxikologie (soudní)** – zabývá se postupy k prokázání otrav u kriminálních činů.
- d) **Klinická toxikologie** – zabývá se diagnózou a léčením otrav.
- e) **Průmyslová toxikologie** – zabývá se otravami v průmyslu, jejich léčbou a prevencí.
- f) **Toxikologie psychotropních a omamných látek** – zabývá se poškozením organismu drogami
- g) **Toxikologie potravin a aditiv** – studuje negativní účinky látek, které se přidávají do potravin.
- h) **Toxikologie agrochemikálií** – zabývá se pesticidy, hnojivy a podobně. (Krystyník)

### ***1.3. Základní toxikologické pojmy***

Pro pochopení problematiky toxických látek a jejich působení na lidský organismus je potřeba znát základní terminologii a hlavní srovnávací parametry.

Základní pojmy používané v toxikologii jsou:

- a) **Jed, jedovatá látka, toxická látka** – jedná se o látku, která působí nepříznivě na živé organismy. Negativně ovlivňuje pochody v těle. V důsledku může vézt k poškození zdraví, případně až ke smrti. Dělí se na toxiny a xenobiotika.



- b) **Toxiny** – jedná se o jedovaté látky, které jsou produkovány živými organismy.
- c) **Xenobiotika** – jedná se o cizorodé látky, které nemají biologický původ.
- d) **Antinutriční látka** – jedná se o látku, která snižuje využitelnost látek, které jsou nezbytné pro organismy.
- e) **Dávka** – jedná se o množství látky přijaté do organismu. Obvykle se udává v mg/kg živé váhy.
- f) **Prahová dávka** – dávka, pod kterou se neprojeví žádný účinek.
- g) **Expozice** – vystavení se působení jedovatých látek. Můžeme u ní hodnotit zdravotní rizika pro organismus, tedy pravděpodobnost, se kterou se otrava projeví. Expozici lze rozdělit na úmyslnou, jako je sebepoškození, toxikománie a podobně, na pracovní, například při práci v chemických provozech, při aplikaci pesticidů a podobně. Dále na environmentální, kdy dochází k ohrožení obyvatelstva kvůli kontaminaci dané oblasti. A také může být expozice náhodná, například záměnou léků, špatnou manipulací s volně prodejnými pesticidy, záměnou hub, spalováním plastů a podobně.
- h) **Intoxikace** – neboli také otrava. Jedná se o patologický proces, který je vyvolán působením jedu v organismu. Intoxikace může být akutní a chronická.
- i) **Akutní intoxikace** – vzniká po jednorázové expozici, která je kratší než 24 hodin. Příznaky se objevují poměrně rychle a je zde možné ohrožení života.
- j) **Chronická intoxikace** – znamená dlouhodobou expozici menšího množství jedu na organismus. (Dohnal; Pohanka, 2013; Kadlecová, 2019)

### ***1.3.1. Základní toxikologické parametry***

Aby bylo možné definovat, jak moc je určitá látka toxická, oproti například jiné toxické látce, je potřeba mít definované určité parametry, které mají charakteristický rozměr. V praxi se často používá TC50 – Toxická koncentrace 50, což je koncentrace, u které se projeví toxické vlastnosti látek u 50 % pokusných zvířat. Další je TD50 – Toxická látka 50, je dávka, u které se projeví toxické vlastnosti látek u 50 % pokusných zvířat. Dále LC50 – letální koncentrace, jedná se o koncentraci látky vedoucí k záhubě 50 % pokusných zvířat. Letální dávka LD50 je dávka u toxických látek, která dokáže zahubit 50 % pokusných zvířat. Dávka a koncentrace se od sebe odlišují rozměrovou jednotkou parametru. (Klusoň, 2014)

Koncentrace se uvádí jako standartní koncentrační údaje, které mají rozměr v mg/l, mol/cm<sup>3</sup> a podobně. Avšak dávky jsou uváděny v hmotnostním množství látky, vztažené na jednotku hmotnosti, většinou na 1 kilogram živé váhy, například tedy v mg/kg. Zde je tedy nutnost vynásobení parametru dávky a skutečné hmotnosti člověka pro představu o toxicitě dané látky. Pro přepočet se většinou využívá osoba s hmotností 70 kg. Je potřeba si uvědomit, že zde platí nepřímá úměra, čím je hodnota například LD<sub>50</sub> vyšší, tím jsou testované sloučeniny méně toxické, je totiž potřeba většího množství látky, aby nastaly akutní či chronické projevy otravy. (Klusoň, 2014)

Důležité je, aby pro testované látky, které chceme porovnat, byly stejné podmínky. To znamená stejný čas, stejné pokusné zvíře se stejnou životní historií, tedy stejnou výživou, životními podmínkami, stářím a také stejné pohlaví. Látky musí být aplikovány totožným způsobem a vyhodnocení jejich účinků se musí provádět stejnými postupy. (Klusoň, 2014)

### ***1.3.2. Přehled základních srovnávacích parametrů***

Také je potřeba zmínit nejpoužívanější toxikologické srovnávací parametry, zde je jejich ucelený přehled i s anglickými synonymy:

- a) **TDLo** – Toxic Dose Low, je to nejnižší toxická látka, u které dochází k projevení toxických vlastností látek u pokusných zvířat.
- b) **LCLo** – Lethal Concentration Low, neboli nejnižší letální koncentrace, což je nejnižší koncentrace, při které dochází k úmrtí pokusných zvířat.
- c) **LDLo** – Lethal Dose Low neboli nejnižší letální dávka. Je to nejnižší dávka, při které dojde k úmrtí pokusných zvířat.
- d) **TCLo** – Toxic Concentration Low neboli nejnižší toxická koncentrace. Je to nejnižší koncentrace, při které dochází k projevení toxických vlastností látek u pokusných zvířat. (Krystyník)

### ***1.3.3. Přehled obecně používaných zkratk***

Kromě celé řady toxikologických a srovnávacích parametrů se také v toxikologii můžeme setkat s množstvím zkratk, ty nejpoužívanější jsou:

- a) **NOAEL** – No Observable Adverse effect Level neboli dávka, u které ještě nebyly pozorovány škodlivé účinky.

- b) **LOAEL** – Lowest Observable Adverse Effect Level neboli nejnižší dávka, u které byly pozorovány škodlivé účinky.
- c) **TWA** – Time-weighted Average neboli časově vážený průměr. Je to průměrná koncentrace kontaminujících látek ve vzduchu v určitém časovém intervalu, která se získává vzorkováním vzduchu.
- d) **TL** – Threshold Limit neboli prahový limit. Jsou to časově vážené průměrné koncentrační hodnoty, které po překročení pravděpodobně negativně ovlivní lidské zdraví.
- e) **ADI** – Acceptable Daily Intake neboli akceptovatelný denní příjem, dále označuje ADI množství určité látky, většinou aditiv, v potravě v mg na kg tělesné váhy, které pro člověka nepředstavuje zdravotní riziko. (Krstyník; Ševčíková, 2008; Kadlecová, 2019)

#### ***1.4. Faktory ovlivňující toxicitu látek***

Pokud jsou živé organismy vystaveny působení nějaké látky, účinek těchto látek vždy závisí na několika faktorech. Mezi tyto faktory patří druh látky, její chemická struktura, fyzikálně-chemické vlastnosti. Dále závisí na velikosti dávky nebo koncentraci látky v prostředí, z něhož látky do organismů vstupují. Dále závisí na branách vstupu, tedy na cestách vstupu látek do organismů, citlivosti jedince a vstřebatelnosti látek a také zda je látka rozpustná v tucích, ve vodě, či v jiných tekutinách v organismu. (Kolská, 2007)

##### ***1.4.1. Fyzikální a chemické vlastnosti***

Mezi fyzikální vlastnosti toxických látek řadíme jejich skupenství, strukturu, bod varu a tání, rozdělovací koeficienty, chování v elektrickém nebo magnetickém poli, rozpustnost a podobně. Látky rozpustné ve vodě vstupují do těla především zažívacím traktem a zvyšují koncentraci v tělních tekutinách. Těkavé látky se dostávají do organismu respiračním traktem. U aerosolu absorpce záleží na velikosti částic. Ionizovatelné látky zase prostupují přes biomembrány v nedisociované formě. (Dohnal; Patočka, 2007)

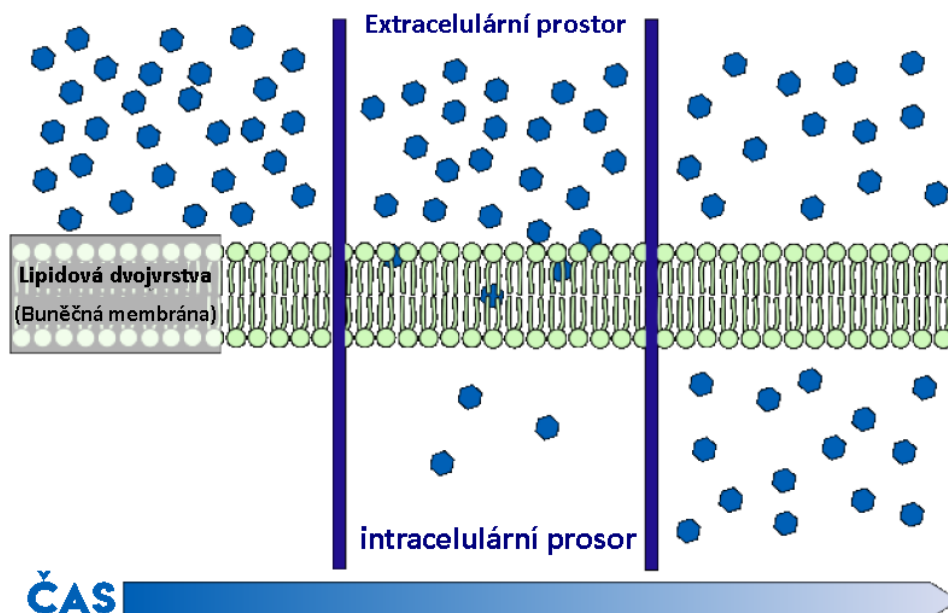
Chemické vlastnosti toxických látek vyjadřují jejich reaktivitu, to znamená schopnost vstupovat do reakce s dalšími látkami. (Patočka, 2007)

## 1.5. Toxikokinetika

Interakce toxických látek s živými organismy probíhá v několika fázích. Jako první musí být vždy expozice, tedy navázání kontaktu mezi látkou a tělem, a to jednou, případně více cestami. Chování toxických látek v živém organismu, tedy jejich pohyb v těle, označujeme jako toxikokinetiku a ta podléhá čtyřem fázím. Nejprve dochází k absorpci látky do oběhového systému, poté k distribuci mezi tkáněmi, dále k metabolismu, a nakonec k exkreci, tedy vyloučení z těla. Na základě prvních písmen těchto fází, se osud toxických látek v živém organismu označuje jako ADME. Zkratka ADME se používá přes 50 let a slouží pro popsání farmakokinetiky. Dnes je ADME standardem, který je široce používán v literatuře, ve výuce, v regulaci léčiv i v klinické praxi. (Doogue a Polasek, 2013; Pohanka, 2013; Stine a Brown, 2015)

### 1.5.1. Absorpce

Existuje několik možných cest absorpce toxických látek. Všechny tyto cesty mají společné, že představují buněčnou bariéru, kterou musí toxické látky překonat, aby mohly vstoupit do krevního řečiště. Toxické látky mohou snadno procházet buněčnými membránami, a to prostou difuzí, jak je zobrazeno na obrázku č. 2, nebo jinými transportními procesy. (Stine a Brown, 2015)



Obrázek č. 2: Schéma difuze

### **Zdroj: Dohnal**

Primární chemická vlastnost, která zvyšuje schopnost difuze toxické látky přes biologické membrány, je její lipofilita, tedy schopnost rozpouštět se v tucích. Mezi další vlastnosti, které napomáhají difuzi, patří její velikost. Malá velikost částic umožňuje toxické látce snadněji zapadnout mezi membránové molekuly a póry. Tři hlavní fyziologické cesty absorpce toxických látek jsou orální, respirační a dermální. Další cesty zahrnují injekční podání, a to může být intramuskulární, intraperitoneální, intravenózní nebo subkutánní. (Stine a Brown, 2015)

Orální cesta je jednou z nejběžnějších cest absorpce toxických látek. Absorpce může probíhat v celém gastrointestinálním traktu, tedy od úst až po tlusté střevo. Zvyšuje se s dobou, kterou toxikant stráví v daném regionu. V ústech se obvykle vyskytuje menší absorpce, kvůli omezenému času, který tam toxikant stráví. Dalšími faktory, ovlivňující vstřebávání, mohou být povrch dané oblasti a pH. Slabé zásady ionizují v prostředí s nízkým pH (kyselé), zatímco slabé kyseliny ionizují v alkalickém prostředí s vysokým pH. Protože ionizace snižuje pravděpodobnost absorpce, slabé zásady se pravděpodobněji absorbují při vyšším pH, které je v tenkém střevě. Slabé kyseliny se zase pravděpodobněji absorbují při nižším pH v žaludku. Když zvážíme všechny faktory, většina absorpce toxických látek probíhá v tenkém střevě, stejně jako v případě vstřebávání živin z potravy. Tenké střevo má velkým povrch, neutrální pH, přibližně 6 a je vysoce vaskularizované. (Stine a Brown, 2015)

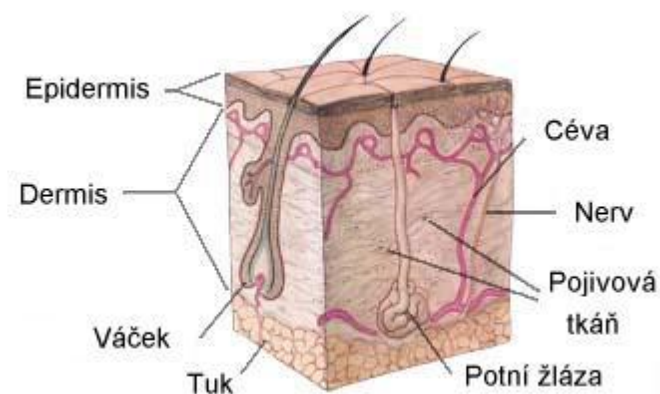
Většina toxických látek prochází přes epiteliální buňky vystylající tenké střevo a difuzí se dostávají do krevního oběhu. Ovšem některé vstupují i pomocí specifických transportních mechanismů, jako je aktivní transport, nebo usnadněná difuze. Některé látky však mohou pokračovat dále trávicím traktem. Dalšími faktory ovlivňujícími vstřebávání toxických látek mohou být přítomnost či nepřítomnost jiných látek, věk a také nemoci daného jedince. V poslední době je také věnována stále větší pozornost střevní floře. Mikroflóra se může mezi druhy lišit, takže to může vést k druhovým rozdílům v absorpci toxických látek. (Stine a Brown, 2015)

Další důležitou cestou vstupu toxické látky do organismu je dýchací soustava. Vdechované plyny procházejí nosem, hltanem, hrtanem, průdušnicí a průduškami před vstupem do plic. Ve vodě rozpustné plyny mají tendenci se vstřebávat do vodnatého

hleny, který vystylá horní část dýchacích cest, zatímco plyny méně rozpustné ve vodě pokračují dále do plic. U částic je důležitým faktorem jejich velikost. Větší částice jsou odstíněny řasinkami a hlenem v horní části traktu, zatímco menší částice pokračují do plic k absorpci. Plicní bariéra pro difúzi je malá, protože buňky, které vystylají plíce, jsou tenké a nacházejí se ve velmi těsné blízkosti krevních cév, kvůli snadnějšímu přenosu kyslíku. (Stine a Brown, 2015)

Dermální cesta absorpce představuje největší buněčnou bariéru pro vstřebávání toxických látek, ve srovnání s oběma předchozími cestami. Lidská kůže se skládá z epidermální vrstvy tvořené mnoha vrstvami epiteliálních buněk a dermální vrstvy tvořené pojivovými tkáněmi, jak je znázorněno na obrázku č. 3. Protože krevní cévy jsou umístěny v dermální vrstvě, musí toxické látky projít skrze epidermis, aby se mohly vstřebat. Horní vrstva epidermálních buněk poskytuje největší překážku pro difúzi, protože tyto buňky mají nejen zesílenou buňku membrány, ale jsou také vyplněny proteinem zvaným keratin. Tato struktura účinně blokuje všechny látky, kromě těch nejvíce rozpustných v tucích, aby pronikaly dále do epidermis nebo dermis. (Stine a Brown, 2015)

Mezi faktory ovlivňující dermální absorpci patří rozdíly v tloušťce a stupni keratinizace v dané části těla. Stav pokožky a různá zranění, jako jsou například škrábance, popáleniny a řezné rány, mohou také výrazně zvýšit potenciál pro dermální absorpci, jelikož odstraňují keratizovanou vrstvu epiteliálních buněk. (Stine a Brown, 2015)



**Obrázek č. 3:** Vrstvy kůže

**Zdroj:** Dohnal

### ***1.5.2. Distribuce***

Lidské tělo není anatomicky homogenní entita. Přibližně ze 70 % z celkové hmotnosti se skládá z vody a fyziologické vodní kompartmenty hrají významnou roli v distribuci toxických látek a také v jejich konečném osudu. Protože prakticky všechny tkáně jsou zásobeny krví, jsou všechny orgány a tkáně potencionálně vystaveny jakékoli absorbované látce. Sloučeniny se sklonem k neiontové existenci jsou pravděpodobněji lipofilní a mají větší schopnost pronikat fosfolipidovými membránami a dále procházet do jater, ledvin, svalů, tukové tkáně a dalších tkání. Naopak molekuly, které jsou v plazmě vysoce iontové, mají omezený přístup k orgánům a tkáním. Podobně jako u absorpce, má pH podobný vliv na ionizaci. (Püssa, 2014; Barile, 2019)

### ***1.5.3. Metabolismus***

Metabolismus můžeme chápat jako přeměnu xenobiotika v biologickém systému, tedy biotransformaci. Xenobiotická transformace hraje zásadní roli při udržování homeostázy během chemické expozice. Toho je dosaženo přeměnou v tučných, nerozpustných, nevylučitelných xenobiotik, na polární, ve vodě rozpustné sloučeniny dostupné pro vylučování žlučí a močí. Mezi hlavní žádoucí výsledky biotransformace tedy patří usnadnění renální exkrece, přeměna toxických výchozích sloučenin na netoxické metabolity (detoxikace), dále konverze netoxické výchozí sloučeniny na toxické metabolity (bioaktivace) a konverze nereaktivních sloučenin na reaktivní metabolity (farmakologická bioaktivace). (Barile, 2019)

### ***1.5.4. Eliminace***

Eliminace je ztráta původní toxické látky nebo léčiva, a to buď důsledkem biotransformace původní látky na metabolity, nebo vylučování toxické látky močí či stolicí. Metabolity jsou produkty chemických přeměn z látek či léčiv, které jsou katalyzovány různými enzymy v těle. Tyto produkty se mohou lišit od původních látek svou toxicitou a u léčiv svým terapeutickým účinkem. Proces biotransformace, která vede k produktu, který je méně toxický, nazýváme detoxikace. Některé reakce však mohou tvořit toxičtější produkty z původních látek a jsou známé jako intoxikační nebo bioaktivační reakce. (Stine a Brown, 2015)

Hlavní cesta vylučování většiny těchto látek probíhá přes ledviny. Toxické látky a jejich metabolity jsou filtrovány z krve a vylučovány močí. Některé toxické látky a jejich metabolity mohou být odstraněny z krve játry, vyloučeny do žluči a eliminovány přes gastrointestinální trakt. Další cesty eliminace mohou být pomocí dýchací soustavy, případně pomocí sekretů, jako jsou sliny, pot nebo mléko. (Stine a Brown, 2015)

### ***1.6. Účinky toxických látek na lidský organismus***

Působení toxických látek na lidský organismus se může projevit celou řadou účinků. Může to být lehká nevolnost, poruchy zažívání, poruchy nervové soustavy, ale i smrt. Jedovaté látky způsobují poškození životních funkcí těla, a to může nastat již po podání jednorázové dávky látky. V takovém případě, kdy je účinek látky akutní, jedná se o akutní otravu. U některých případů se však poškození zdraví může dostavit až při dlouhodobějším kontaktu s látkou. V takovém případě se jedná o otravu chronickou. K akutním otravám tedy dochází po podání jednorázové vyšší dávky, nebo po krátkodobé inhalaci vyšší koncentrace. (Klusoň, 2014)

U chronických otrav je tomu naopak, dochází k nim při opakovaných menších dávkách, případně při vdechování dlouhodobě nižších koncentrací. Akutní nebo chronický účinek, který vyvolala stejná látka, se může výrazně lišit. Stejně látky mohou zpravidla vyvolat akutní i chronickou otravu. Cizorodé látky mohou působit buď v místě vstupu, lokálně, tedy na pokožce, sliznici dýchacího traktu anebo zažívacího traktu. Případně až po distribuci po těle v cílovém místě systému, kdy se jedná o účinky systémové. (Klusoň, 2014)

Každý organismus má svou vlastní citlivost na toxické účinky látek. Jsou ovšem skupiny lidí, které mají střední až vysoké toxické riziko. Jsou to zejména novorozenci, děti a dospívající, osoby staršího věku, těhotné ženy, kuřáci, lidé trpící chronickými onemocněními, jako jsou nespecifická chronická onemocnění plic, organická onemocnění CNS a recidivující onemocnění periferních nervů, dále jsou to lidé s nemocemi krve, jater, nefritidou, nefrosklerózou, hypertonií a onemocněním koronárních tepen, aktivní formou tuberkulózy, vředem žaludku nebo dvanáctníku, onemocněním endokrinního systému, prokázaným onemocněním vegetativního nervového systému a další. Účinky toxických látek na živé organismy dělíme do několika skupin. (Püssa, 2014)



### ***1.6.1. Příímý toxický účinek***

U přímého toxického účinku látky dokážou působit jen svou přítomností v kritickém místě v lidském organismu. Často se jedná o stavy, kdy dojde k rozkladu buněk nebo vzniku nekrózy. Nekróza je nevratný proces sestávající z degenerace buňky, fragmentace jádra a denaturace buněčných proteinů. Dále některé sloučeniny mohou krystalizovat v tubulech ledvin a mechanicky je poškozovat. Mají tedy přímý toxický účinek pro tento orgán. Patří sem i silné kyseliny a zásady. Kyseliny denaturují a vysrážejí buněčné membránové proteiny během několika málo vteřin. (Klusoň, 2014; Püssa, 2014)

### ***1.6.2. Biochemický účinek***

Biochemická poškození nemusí vést pouze k malým patologickým změnám, jako je například degenerace jedné buňky, ale také mohou ovlivnit životně důležité funkce. Toxické látky interagují s cílovými molekulami a ovlivňují biochemické děje a tím i některé životní funkce buněk či organismu. To může být například kyanidovým iontem nevratné narušení transportu elektronů v mitochondriích, což vede k neschopnosti buňky využívat kyslík a pokud je postižená buňka v jednom z životně důležitých orgánů, jako je srdce nebo mozek, může způsobit smrt. Další případ může být například ztuchnění jater z narušení metabolismu lipidů v játrech, způsobené například rozsáhlým požíváním ethanolu. Některé biochemické účinky jsou i reverzibilní, například vazba oxidu uhelnatého na hemoglobin. CO obvykle nezpůsobuje žádné patologické poškození, s výjimkou velmi vysokých koncentrací, kdy je pak už prakticky nemožné přežití jedince. (Klusoň, 2014; Püssa, 2014)

### ***1.6.3. Imunotoxický účinek***

Primárním úkolem imunitního systému je chránit tělo před škodlivými vetřelci. To zahrnuje odlišení sama sebe od okolí a poskytování nespecifické bariéry, dále také přizpůsobení obrany proti konkrétním hrozbám. Jedná se o vysoce komplexní systém s obrovskou variabilitou mezi jednotlivými reakcemi imunitního systému na vnímané hrozby. To samozřejmě komplikuje hodnocení účinků toxických látek. Buňky, které se účastní imunitních procesů, jsou běžně známé jako bílé krvinky a zahrnují polymorfonukleární leukocyty, lymfocyty a monocyty. Tyto buňky vznikají a dozrávají v lymfatické tkáni. Nespecifické obranné mechanismy vytvářejí bariéry proti vstupu

útočníků do těla. Ochrana poskytovaná těmito mechanismy je někdy také označována jako vrozená imunita, protože nezávisí na předchozí expozici, aby byla účinná. To neznamena, že vrozená imunita nemá schopnosti rozpoznat vzory, které by mohly naznačovat přítomnost útočníků. Některé buňky, zapojené do vrozené imunity, rozpoznávají obecné vzorce proteinů, které jsou společné u mnoha patogenů. (Stine a Brown, 2015)

První nespecifickou obrannou bariérou proti invazi je kůže. Tloušťka epidermis a keratinový povlak pomáhají bránit vstupu cizích látek do těla, a pod epiteliální vrstvou je lepkavá vrstva tkáně obsahující kyselinu hyaluronovou, touto kyselinou organismy těžko pronikají. Také sekrety oleje a potní žlázy pomáhají odplavovat a ničit všechny potencionální útočníky. Jednou z nejčastějších fyziologických reakcí na infekci je zvýšená tělesná teplota nebo horečka. Tělesná teplota je normálně regulovaná v hypotalamu a odráží rovnováhu mezi teplem produkovaným buněčnými metabolismy a teplem uvolňovaným různými fyziologickými procesy. Normální hodnota tělesné teploty bývá do 37 °C, ale během nemoci může tato teplota stopnout až kolem 39 °C. Molekuly, které mohou způsobit toto zvýšení teploty, se nazývají pyrogeny. (Stine a Brown, 2015)

Antipyretika, jako je aspirin, acetaminofen a další protizánětlivé léky, mohou snižovat horečku, především prostřednictvím jejich inhibice. V současné době je ale horečka považována za obecně prospěšnou, mnoho studií prokázalo, že jedinci s mírným onemocněním, jejichž horečky nejsou léčeny, se ve skutečnosti zotavují rychleji než lidé, jejichž horečky byly léčeny antipyretiky. Důkazy jsou ale méně jasné u pacientů se závažnými infekcemi. Většina patogenů je schopna provádět proliferaci i za zvýšené teploty, avšak některé studie naznačily, že při zvýšené teplotě se motilita a fagocytóza u některých bílých krvinek zvýšila. (Stine a Brown, 2015)

#### ***1.6.4. Mutageneze a karcinogenita***

V současné době je dobře známo, že rakovina vzniká především mutací genu. Mutageny mohou ovlivnit buď zárodečné nebo somatické buňky. V závislosti na typu buněk může mít mutageneze dva odlišné výsledky. Somatické buňky, na rozdíl od zárodečných buněk, nejsou buňky, které přispívají genetickou informací pro další generaci. Mutace, které se vyskytují u somatických buněk produkují pouze mutagenní a často

karcinogenní účinek u exponovaných jedinců. Budoucí generace jsou ovlivněny pouze, když mutageny způsobí poškození zárodečných buněk. Malé procento zhoubných nádorů může být způsobeno zděděným genetickým poškozením. Většinou je ale výsledkem komplexních interakcí mezi karcinogeny a genetickým systémem těla. Ačkoli některé z karcinogenů vznikají jako volné radikály během normálního metabolismu. V našem nynějším moderním životním stylu je většina genetických poškození způsobena interakcí mezi prostředím chemické látky a lidskými genetickými systémy. (Hughes, 1996; Zakrzewski, 2002)

#### ***1.6.5. Teratogenita***

Teratologie je studium vývoje anomálií u plodů. Celosvětově jsou vrozené anomálie přítomny u 2 % všech novorozenců. Toxické látky, které mají teratogenní účinek jsou schopné poškozovat plod v těle matky. Poškození plodu může být v dávkách, které pro matku nemusí být toxické. Společnou vlastností těchto látek je schopnost překonat placentární bariéru. Expozice embrya či plodu látek s teratogenním účinkem může mít za následek různé malformace orgánů, retardaci, opožděnou tvorbu orgánů nebo až smrt embrya či plodu. Nejkritičtější období pro teratogenní aktivitu je během prvních 8 týdnů těhotenství, označovaných jako embryonální stádium. Během této doby je maximální citlivost na vývoj morfologických abnormalit v reakci na teratogenní látky. (Hughes, 1996; Klusoň, 2014)

U plodů od 9 týdne a dál se riziko velkých chyb morfogeneze snižuje, ovšem mohou zde vznikat novotvary, tedy rakoviny, dále dysfunkce orgánů, orgánového systému a vývoje. I když studie na zvířatech naznačují mnoho chemických, fyzikálních a biologických teratogenů, u lidí jich bylo prokázáno poměrně málo. Známou, avšak podceňovanou látkou, která má teratogenní účinek, je například ethanol, ten může způsobit takzvaný alkoholový fetální syndrom. (Hughes, 1996; Klusoň, 2014)

#### ***1.6.6. Pneumotoxicita***

Plíce jako součást dýchací soustavy mají funkci výměnu  $O_2$  a  $CO_2$  s krví, tedy dýchání. Je to jedna z jejich nejdůležitějších funkcí, další jejich funkce je vylučování plynných metabolitů a regulace cirkulující hladiny vazoaktivních hormonů. Jakékoli poškození plicní tkáně odpovědné za tyto regulační funkce ovlivní krevní tlak a následně i prokrvení plic. Toxiny mohou poškodit dýchací tkáň nebo způsobit toxicitu tím, že

proniknou do tkání a dostanou se do oběhu. U dýchacích cest se toxicita může projevit podrážděním, v závažnějších případech se však může objevit edém. Edém vzniká poškozením buněčné membrány, toto poškození ovlivňuje propustnost membrány a způsobuje uvolňování buněčné tekutiny. (Zakrzewski, 2002)

Projevy edému jsou otok tkáně, zúžené dýchací cesty, potíže s dýcháním a zvýšená citlivost na infekci. Velké aerosolové částice, větší než 2  $\mu\text{m}$ , mohou zase poškodit svršek dýchacího systému. Mohou to být například oxidy arsenu, sulfidy a chloridy, používající se v různých průmyslových odvětvích, jako jsou výroba barevného skla, keramiky, polovodičů, pyrotechniky a zpracování kůže. Dále se také s velkou pravděpodobností vyskytují při tavení rud a při výrobě pesticidů. Velké částice se ukládají spíše v nosohltanu a v horních části průdušek, protože jsou příliš velké, aby prostupovaly dále. To může mít za následek chronický kašel, laryngitidu a bronchitidu. A některé sloučeniny, jako například oxid arsenitý, jsou podezřelé karcinogeny. (Zakrzewski, 2002)

Plyny a páry špatně rozpustné ve vodě, které pronikají hluboko do plic, jako je například oxid dusičitý, ozon a fosgen, způsobují poškození alveolární tkáně. Některé kovy a jejich deriváty zase způsobují plicní edém. Je to například nikl, oxid kademnatý, karbonyl a beryllium. Oxid kademnatý se používá při výrobě polovodičů, slitin stříbra, skla, elektrod baterií a dalších. Jeho výpary se ovšem skládají z extrémně jemných částic, které pronikají alveoly. Vdechování takových výparů vede k edému, pneumonitidě a v poslední řadě je to také karcinogen, který primárně vyvolává rakovinu prostaty. (Zakrzewski, 2002)

### ***1.6.7. Hepatotoxicity***

Hepatotoxicity se týká toxických účinků na játra. Kromě své důležité roli při detoxikaci, tato největší žláza v těle také funguje tak, aby syntetizovala mnoho proteinů, například albumin, koagulační proteiny a další, dále také vylučuje žluč a metabolizuje tuky, sacharidy a proteiny. Játra jsou velice náchylná na toxické látky. Je to z důvodu, že většina látek po vstupu do těla jako první právě putuje přes játra před distribucí do dalších systémových oblastí a orgánů. Játra jsou také primárním místem pro biotransformace, které vystavují játra toxickým látkám a jejich metabolitům, z nichž některé jsou v důsledku toxikace nebo bioaktivace toxičtější než látky původní. Funkční

jednotkou jater jsou lalůčky, je jich přibližně 50 000 – 100 000. Každý lalůček má průměr asi 1-2 mm. Krev v játrech protéká sinusoidami z jaterní tepny a portální žíly do jaterní žíly. Žluč je tvořena hepatocyty a proudí v kanálech proti směru toku krve. (Hughes, 1996)

Toxické látky mohou mít pro játra cytotoxický nebo cholestatický účinek. Cytotoxické mechanismy ovlivňují hepatocyty a jsou odpovědné za různé typy poškození jater, jako je ztučnění jater, jaterní nekróza a cirhóza. Cholestatické mechanismy ovlivňují tok žluči. Může dojít až k hepatální cholestáze, kdy je tok žluči zablokovaný v játrech. Řada organických chemikálií má toxické účinky na hepatocyty. Jedná se například o trichlorethylen, tetrachlormthan a DDT (dichlordifenyltrichloretany). Výsledná toxicita může vést k nekróze, tedy odumírání hepatocytů, případně k zánětu nebo cirhóze. U cirhózy dochází k náhradě hepatocytů fibrózní tkání během opravy poškozených hepatocytů. Chronická toxicita ethanolu může zase vést k akumulaci přebytečného tuku v hepatocytech a to může vést ke ztučnění jater a cirhóze. (Hughes, 1996)

#### ***1.6.8. Nefrotoxicita***

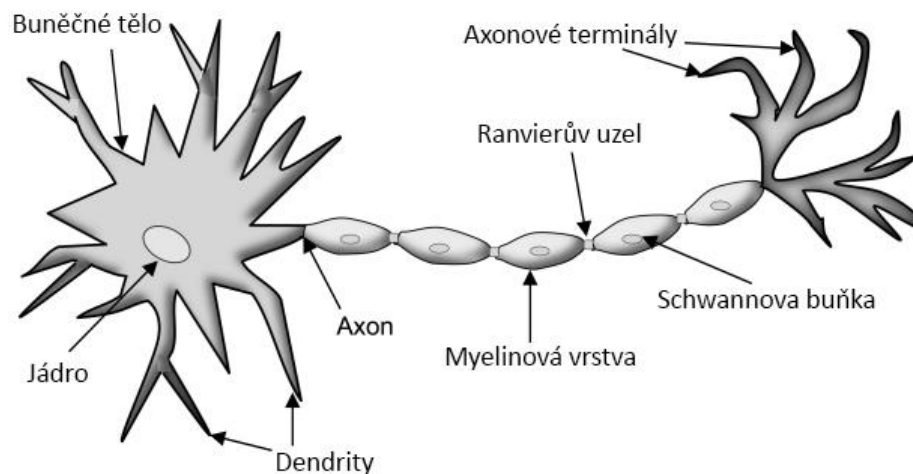
Nefrotoxicita se týká působení toxických účinků na ledviny. V ledvinách se vyskytují tři důležité procesy, které jsou zodpovědné za tvorbu moči. Jedná se o glomerulární filtraci, tubulární reabsorpci a tubulární sekreci. Nefrotoxické látky dokážou ovlivnit každý z těchto procesů. Patologie spojené s nefrotoxicitou jsou závislé na anatomické oblasti zasažené toxikantem. (Hughes, 1996)

Při poškození glomerulárního filtračního aparátu lze pozorovat dvě hlavní reakce, a to nefrotický syndrom a nefritický syndrom. Ačkoli patologie každého z nich je složitá, nefrotický syndrom je obvykle charakterizován těžkou proteinurií, tedy přítomností bílkoviny v moči. Zatímco nefritický syndrom je typicky charakterizován hematurií, tedy přítomností krvinek v moči. Některá xenobiotika, jako je olovo a heroin, jsou spojeny s nefrotickým syndromem a často vedou k těžké proteinurii. Vystavením xenobiotikům může být změněná selektivita glomerulárního filtru. Některá antibiotika snižují rychlost glomerulární filtrace. Antibiotika, těžké kovy a organická rozpouštědla mohou způsobit akutní tubulární nekrózu. (Hughes, 1996)

### 1.6.9. Neurotoxická

Nervový systém se dělí na centrální nervový systém (CNS) a na periferní nervový systém (PNS). CNS zahrnuje mozek a míchu, které zpracovávají informace a poskytují paměť. PNS obsahují periferní nervy, které se podílejí na smyslových funkcích a ovládnání motoriky. Neurony jsou charakteristické buňky, kterých je více než miliarda a nalezneme je v obou těchto systémech. Na obrázku č. 4 je zobrazeno reprezentativní schéma neuronu a některých jeho částí. Tyto buňky shromažďují informace, zpracovávají informace, poskytují paměť a iniciují vhodné reakce. Neurony jsou spolu propojeny a vytvářejí komunikační síť pomocí elektrických a chemických signálů. (Hughes, 1996; Barile, 2019)

Neurotoxická nastává, když toxické látky přerušují normální mechanismy neuronální komunikace. Mezi poškození, která jsou neurotoxiny schopné vyvolat, patří neuronopatie, axonopatie, myelinopatie a interference s neurotransmisí. Řada neurotoxinů, například hexachlorofen a olovo, poškozují myelinovou vrstvu. Poškození mají za následek „zkratování“ signálu mezi sousedícími neurony a pomalejší přenosovou rychlost neuronů. (Hughes, 1996; Barile, 2019)



**Obrázek č. 4:** Schéma neuronu a některých jeho částí

**Zdroj:** Barile, 2019

## **1.7. Toxické látky a potravinářský průmysl**

Potrava je pro člověka nezbytným zdrojem energie a živin. Týká se tedy každého z nás, avšak každý k ní přistupujeme odlišně. I způsob stravování se neustále mění a vyvíjí. K zásadním změnám ve stravování začalo docházet v posledních desetiletích. Za cílem prodloužit trvanlivost výrobků a zlepšit jejich senzorické vlastnosti, jsme začali do potravin přidávat velké množství chemických látek. V potravinách už tedy nenalezneme jen látky prospěšné zdraví, ale také látky antinutriční, či dokonce toxické. Oba tyto typy látek můžou v závislosti na dávce zapříčinit vážné onemocnění nebo poškození organismu. Toxické látky v potravinách můžeme rozdělit podle původu na látky přirozeně toxické a na látky cizorodé. Látky přirozeně toxické mají biologický původ, zatímco látky cizorodé jsou látky, které nemají biologický původ a může se jednat například o různé přídatné látky, které se přidávají do potravin za účelem zvýšení jejich kvality. V potravině také mohou být látky kontaminující, tedy látky, které se do potravin dostaly omylem během výroby, skladování, dopravy nebo jakékoli jiné další manipulace s potravinou. Přirozené toxické látky jsou naopak v potravinách bez přičinění člověka. (Růžičková, 2015)

### **1.7.1. Ochrana veřejného zdraví ve světě**

Nejstarší komplexní agenturou na ochranu spotřebitelů je americká Food and Drug Administration (FDA). Federální vláda USA už od roku 1848 používala chemickou analýzu ke sledování bezpečnosti zemědělských produktů, později tuto odpovědnost převzala FDA, která vznikla v roce 1906 přijetím zákona o čistých potravinách a léčivech. Pod svým současným názvem je tato agentura ovšem známá až od 30. let 20. století. (Fda.gov)

Další důležitou právní normou pro oblast potravin, bylo přijetí federálního zákona v USA v roce 1958, zákona o potravinách a léčivech. Jeho součástí byla regulace, či omezení množství potencionálně toxických látek povolených v potravinách a poskytnout veřejnosti dostatečné informace, například na etiketě, před případnými problémy. Požadavky na označování podle FDA poskytují spotřebiteli užitečné informace o obsahu tuků, sacharidů, bílkovin, potencionálních alergenů, kalorické hodnotě a podobně. Neuvádějí se ovšem informace o toxických látkách, které mohou být obsaženy v potravinách, nebo mohou vznikat během jejich zpracování. Protože

některé potravinové toxiny nelze z potravin odstranit a jiné mohou vznikat například během dalšího zpracování. Konzumace malého množství potravinových toxinů je tedy nevyhnutelná. (Burdock et al., 2010)

V roce 1976 americký prezident Gerald Ford podepsal americký zákon o kontrole toxických látek. V té době již byly na trhu desítky tisíc syntetických chemikálií a chyběly důkazy o jejich bezpečnosti. Znamenalo to, že Agentura ochrany životního prostředí (EPA), měla sloužit jako regulační orgán, který bude vyžadovat testování toxicity a podávání zpráv, zda chemikálie představují riziko. Pokud by se zjistilo, že chemikálie představuje nebezpečí pro zdraví nebo životní prostředí, Ford přislíbil, že regulační opatření budou být moci přijata dříve, než by došlo k nenapravitelné škodě. To se ale nestalo. (Gross a Birnbaum, 2017)

Více než 60 000 chemikálií, které již byly tou dobou na trhu, byly zapsány do zákona za předpokladu, že jsou bezpečné. EPA čelila mnohým překážkám, včetně tlaku ze strany chemického průmyslu, který podkopával její schopnost implementovat zákon. Kongres nakonec v nedávné době zákon revidoval a posílil regulační orgán EPA. Za ta desetiletí politika týkající se chemikálií poměrně stagnovala, vědci dokumentovali škody, které celé třídy chemikálií způsobily živým organismům a životnímu prostředí. I když máme údaje stále jenom o zlomku z více než 85 000 chemikálií, které byly schváleny pro komerční využití, ze studií víme, že expozice chemikáliemi v životním prostředí je všudypřítomná. (Gross a Birnbaum, 2017)

### ***1.7.2. Bezpečnost potravin v ČR a EU***

Pro potřebu hodnocení rizik v Evropské unii byl vytvořen Evropský úřad bezpečnosti potravin, který má za úkol poskytovat Evropské komisi a dalším orgánům EU vědecky podložené informace. Tyto informace slouží k dalším činnostem a rozhodováním těchto orgánů. V České republice se hodnocením rizik zabývají odborná pracoviště státních i nestátních výzkumných ústavů. Dále také vysoké školy a univerzity. Pro posílení hodnocení rizik v potravinách byly také ustanoveny takzvané vědecké výbory. Za hodnocení zdravotních rizik z expozice nebezpečnými látkami v potravinách má obecnou odpovědnost Ministerstvo zdravotnictví. Hodnocení rizik se provádí na základě dat, která se získávají na základě pravidelného, dlouhodobého monitoringu, například monitorovacími programy Ministerstva zdravotnictví, Ministerstva



zemědělství a Ministerstva životního prostředí. Dále se také provádí na výzkumných pracovištích, a i v rámci rutinní kontrolní činnosti. (Bezpecnostpotravin.cz)

Úřadem Evropské unie pro hodnocení rizik v oblasti bezpečnosti potravin, krmiv, výživy, zdraví a pohody zvířat, ochrany a zdraví rostlin, je Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA). EFSA úzce spolupracuje s národními autoritami a dalšími organizacemi, které poskytují objektivní, nezávislá a nejaktuálnější poradenství a sdělení, která jsou vědecky podložena. Například nejnovější výroční zpráva úřadu EFSA o reziduích pesticidů v potravinách zkoumala přes 88 000 vzorků potravin, které byly odebrány v rámci Evropské unie během roku 2020. Výsledek analýzy byl, že 94,9 % vzorků spadalo do množství reziduí pesticidů, která jsou povolena zákonem. Z podskupiny 12 077 vzorků, která byla analyzována v rámci koordinovaného kontrolního programu EU (EU MACP) bylo 98,2 % vzorků v souladu se zákonnými limity. U 68,8 % vzorků vůbec nebyl odhalen výskyt měřitelného množství rezidua pesticidů, u 29,7 % vzorků byl obsah jednoho nebo více reziduí pesticidů v zákonných limitech. Ovšem u 1,7 % vzorků byl obsah reziduí v množství, které překračovalo zákonný limit. Úřad EFSA v rámci analýzy výsledků posoudil dietní riziko, které naznačovalo, že potravinářské komodity za rok 2020 pravděpodobně nepředstavují obavy o zdraví spotřebitelů. (Bezpecnostpotravin.cz; Foodnet.com)

### ***1.7.3. Legislativní ukotvení toxických a přídatných látek v ČR***

V České republice je základní normou pro oblast potravin zákon 110/1997 Sb. O potravinách a tabákových výrobcích, ve znění pozdějších předpisů. Další důležitou právní normou, v oblasti toxikologie a veřejného zdraví, byla vyhláška pro pesticidy č. 158/2004 Sb., která stanovovala maximální přípustné množství stanovených pesticidů u potravin a potravinových surovin. Ta byla dále novelizována vyhláškou č. 68/2005 Sb., která vymezovala pesticidy v potravinách rostlinného původu. Tu nahradila vyhláška č. 381/2007 Sb. O stanovení maximálních limitů reziduí pesticidů v potravinách a surovinách. K dnešnímu dni je tato vyhláška zrušena. (Merta, 2014; Zakonyprolidi.cz) Při vstupu České republiky do Evropské unie došlo k úpravě legislativy. Splynuly dva právní systémy. Do té doby se Česká republika řídila podle vlastních právních předpisů. Dnem 16. prosince 2008 nabyla v platnost 3 důležitá nařízení. (Kučerová, 2016)

Prvním bylo nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1331/2008, které stanovuje jednotné povoloovací řízení pro potravinářské přídatné látky, potravinářské enzymy a látky, které jsou určené k aromatizaci potravin. V roce 2011 nařízení bylo hned 3x upraveno. Dalším je nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1332/2008 o potravinářských enzimech a o změně směrnice Rady 83/417 EHS, nařízení Rady č. 1493/1999, směrnice 2000/13/ES, směrnice Rady 2001/112/ES a nařízení č. 258/97. A dalším je také nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. (Kučerová, 2016)

Na konzervační látky se v České republice také vztahovala vyhláška č. 4/2008, která stanovuje druhy přídatných látek a extrakčních rozpouštědel, dále stanovovala podmínky jejich použití při výrobě potravin. Vyhlášku později nahradila vyhláška 122/2011 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, ve znění vyhlášky č. 130/2010 Sb. Tu nahradila aktuálně nejnovější vyhláška 253/2018 Sb. o požadavcích na extrakční rozpouštědla používaná při výrobě potravin. (Kučerová, 2016; Zakonyprolidi.cz)

### **1.8. Toxické látky přírodního původu**

Toxické látky přírodního původu jsou chemické látky, které mají biologický původ. Rostlinné látky, výtažky a rostlinné produkty se často berou jako zdraví prospěšné látky pro naše tělo. Mnohdy tomu tak opravdu je, ovšem na druhou stranu celá řada jednobuněčných i mnohobuněčných organismů dokáže produkovat toxické látky jako svůj ochranný faktor proti bakteriím, hmyzu a zvěři. Toxiny jsou produkovány ve speciálních žlázách, tkáních a pletivech, které se utvářely v procesu evoluce v mikroorganismech, houbách, rostlinách a živočiších. Během tohoto dlouhého období získaly specifické a někdy jedinečné vlastnosti. Jedy některých živočichů a rostlin bývají využívány pro jejich vlastnosti. Někdy ovšem i zneužívány. (Ševčíková, 2008; Rohlenova, 2020)

#### **1.8.1. Alkaloidy**

Alkaloidy jsou dusíkaté bazické sloučeniny, které tvoří soli s kyselinami. A které jsou sekundární metabolity vykazující různorodé účinky. Je to heterogenní skupina látek, která zahrnuje přes 5000 sloučenin. Některé alkaloidy tvoří obranné systémy rostlin,

jiné jsou zase biogenními aminy, například histamin, další jsou přírodní barviva, například betalain. U potravin mohou vznikat různé alkaloidy v průběhu jejich termického zpracování ze základních živin. Z potravin je důležité vyjmenovat glykoalkaloidy obsažené v bramborách a rajčatech. V rajčatech se například vyskytuje alkaloid  $\alpha$ -tomatin. Ten je obsažen v celé rostlině, jen ve zralém plodu je jeho množství velmi malé, protože se zráním plodů jeho obsah klesá, a proto jsou zralá rajčata brána za požitelná a bezpečná. Brambory obsahují mnoho glykoalkaloidů, mezi ty nejvýznamnější patří solanin a chaconin. Ty oba tvoří aglykon solanidin, ovšem liší se v cukerné části. Vyskytují se v celé rostlině, nejmenší množství je obvykle v hlíze, naopak největší bývá ve slupce. Obsah alkaloidů je závislý na odrůdě, zralosti, okolních podmínkách a stresu. Pokud jsou brambory vystaveny nepříznivým podmínkám, jejich množství může stoupat. Pokud jsou hlízy zelené, je v nich větší množství alkaloidů, jelikož podmínky vedoucí k utváření chlorofylu, což označuje zelená barva, vedou také k tvorbě alkaloidů. Ty slouží jako obranné prostředky proti infekci a stresu. Větší množství alkaloidů je také v klíčcích, zde jsou za účelem ochrany před škůdci během klíčení rostlin. (Merta, 2014; Modrá et al., 2014)

Toxické účinky glykoalkaloidů působí spíše lokálně ve střevech, z důvodu špatného vstřebávání z trávicího traktu. Projevy jsou zde dráždění, zánět, krvácení ze sliznic a mohou vést i k tvorbě vředů. Dotyčný může pozorovat bolesti břicha, zácpu, či průjem. Po vstřebání alkaloidů do krve mohou nastat příznaky na CNS, jako je ataxie, slabost, třes, křeč a koma. Alkaloidy jsou termostabilní, nezničí je tedy var, pečení, ani sušení. Zkonzumování brambor, které mají vysoký obsah alkaloidů je ale vzácné, jelikož od množství 140 mg alkaloidů na 1 kilogram brambor a výš, se dostaví silné pálení v ústech a jícnu. To vylučuje zkonzumování většího množství takovýchto brambor. Ovšem u klíčků, či jiných částí brambor stačí pozřít malé množství a jelikož je zde vysoké množství alkaloidů, otrava může být velmi závažná. (Modrá et al., 2014)

### **1.8.2. Kyanogeny**

Kyanosloučeniny jsou láky, které se přirozeně vyskytují v rostlinách. Jedná se o látky, které samy nemají škodlivé účinky, ovšem při rozkladu se z nich uvolňuje toxický kyanovodík (HCN), či kyselina kyanovodíková v případě roztoku. Na základě chemické podstaty se rozdělují na kyanogenní glykosidy, které jsou z důvodu obsahu

v potravinách nejrozšířenější, dále na pseudokyanogenní glykosidy a kyanogenní lipidy. Tyto toxiny mají za úkol ochranu rostliny před škůdci, ovšem i u lidí mohou způsobit otravu, a to v blokováním enzymu, který přenáší kyslík. Jako prevence otrav slouží různé postupy úprav, jako je rozmělnění, máčení ve vodě a vaření. Při vaření se voda musí slít a tím dojde k odstranění kyseliny kyanovodíkové. (Bezpečnostpotravin.cz)

Kyanogeny se vyskytují u manioku, semenech Inu setého, dále u semen řady plodů, jako jsou slívy, hrušky, jablka, jeřabiny a bezinky, především v listech a nezralých plodech bezinek. Další výskyt významného kyannoglykosidu je obsah amygdalinu v hořkých mandlích, semenech meruněk, švestek, broskví, třešní a v menším množství i u semen jablek a hrušek. Pravidelnou konzumací může dojít k výpadkům nervového systému. Ochranným opatřením je nařízení 1334/2008ES, kterým se stanovují limity HCN pro potraviny, u kterých se díky přidávání jader může kyanovodík objevovat. Například pro nugát a marcipán je to maximálně 50 mg HCN na 1 Kg váhy, pro alkoholické nápoje maximálně 35 mg HCN na 1 Kg váhy, pro kompoty zase maximálně 5 mg HCN na 1 Kg váhy. (Bezpečnostpotravin.cz)

### ***1.8.3. Methylxanthiny***

Mezi nejvýznamnější methylxanthiny, které jsou obsaženy u potravin rostlinného původu, patří kofein a theobromin. Vyskytují se u mnoha rostlin a v mnoha potravinách. Ovšem z pohledu potravy má větší význam pouze káva, kde je kofein. Dále čaj, kde je také kofein a také theobromin a theofyllin. A zmínit můžeme i kakao, kde se taktéž vyskytuje theobromin a kofein. Dalším zdrojem kofeinu mohou být kolové nápoje, které už většinou neobsahují extrakt z plodů kolovníku, ale obsahují jen čistý izolovaný kofein. Mezi toxické účinky methylxanthinů patří ovlivnění oběhové soustavy, jelikož mají účinek na cévy, srdce a také tvorbu moči. Mohou zvyšovat krevní tlak, srdeční kontraktilitu a diurézu. Akutní předávkování může způsobit zvracení, křeče a může skončit až smrtí z důvodu respiračního selhání. Pro člověka je ale především kofein jednou z velmi významných látek, pro další jeho vlastnosti, které mohou být žádoucí, jako je například zlepšení výkonů a podpora hubnutí. Proto se přidává do celé řady nápojů a potravinových doplňků. Ovšem je potřeba si uvědomit, že jeho nadměrná konzumace je spojena s možným rizikem vzniku nemocí oběhové soustavy a vysokým krevním tlakem, jsou dokonce známé i případy infarktu myokardu. (Modrá et al., 2014)

#### ***1.8.4. Fytoestrogeny***

Fytoestrogeny jsou přirozeně se vyskytující nesteroidní fenolické sloučeniny rostlin. Jejich struktura je podobná 17- $\beta$ -estradiolu, hlavnímu ženskému hormonu. Výskyt je hlavně v hroznech, arašídech, luštěninách, špenátu, růžičkové kapustě a dalších. Mezi nejvýznamnější fytoestrogeny patří isoflavonoidy a lignany. Fytoestrogeny jsou v poslední době velice populární téma, jelikož se diskutuje o jejich blahodárných účincích. Tyto účinky mohou být prevence rakoviny, aterosklerózy, úbytku kostní hmoty a antioxidační účinky. Svou roli by mohly hrát například v prevenci rakoviny prsu, dělohy a prostaty. Dále také bylo zjištěno, že by fytoestrogeny mohly modulovat i jiné poruchy související s estrogenem při konzumaci v běžné stravě. Jsou to třeba menopauzální symptomy, postmenopauzální osteoporóza a také kardiovaskulární onemocnění. Ovšem na druhou stranu jejich nadměrná konzumace může znamenat zdravotní riziko. U laboratorních, hospodářských a divokých zvířat, která konzumovala vysoké množství rostlin bohatých na fytoestrogeny, byly dokumentovány problémy s reprodukcí. (Kang et al., 2003; Gorzkiewicz et al., 2021)

#### ***1.8.5. Taniny***

Taniny neboli také třísloviny, jsou velká skupina tvořená polymerními fenolovými sloučeninami, nacházejícími se v potravinách rostlinného původu, u kterých pokud nastane interakce v ústní dutině s bílkovinami, dojde k vytvoření trpké chuti a sraženiny. Taniny jsou složky potravin zásadně ovlivňující jejich chuťové vlastnosti. Vyskytují se v celé řadě potravin a nápojů, například v červeném vínu, čokoládě, hroznech, čaji, pivu a dalších. Z chemické stránky se jedná o velmi různorodou skupinu látek, tudíž se projevují i různými fyziologickými a zdravotními účinky. Mezi ty pozitivní zdravotní účinky taninů patří prevence rakoviny, kardiovaskulárních onemocnění, alergií, Alzheimerovy choroby a Parkinsonovy choroby. Pro jejich účinek se některé používají jako antioxidanty v potravinářském průmyslu s aditivou. Detoxikačně působí na trávicí ústrojí, protože mají schopnost vázat a odvádět škodliviny z organismu. Působí proti virům, bakteriím, střevním parazitům, pomáhají brzdit zánětlivé procesy v žaludku a ve střevech, ovlivňují krevní oběh a působí proti průjmům a proti krvácení. Zkoumá se také jejich účinek spojený se sebedestrukcí rakovinných buněk. Na druhou stranu jejich vysoké množství v jídelníčku může

způsobit negativní účinky. Například nízkou využitelnost bílkovin a minerálních látek. Mohou tedy fungovat antinutričně. (Bezpecnostpotravin.cz; Soares et al., 2020)

### **1.8.6. Lektiny**

Lektiny se nacházejí v širokém sortimentu zeleniny a také v živočišných tkáních. Jedná se o proteiny, které se selektivně váží na sacharidy. Jsou schopné shlukovat erythrocyty a rostlinné lektiny, které nejsou účinně odbourány trávicími enzymy a mají afinitu k povrchu střevních epitelálních buněk, mohou být velmi toxické. Akutní příznaky otravy jsou nevolnost, zvracení a průjem. Z hlediska výživy je jejich nevýznamnější výskyt v luštěninách. Jelikož většina lektinů může být zničena vařením, je důležité, aby luštěniny prošly dostatečnou tepelnou úpravou. Při dodržování vyvážené stravy a správné úpravy pokrmů se dá jejich negativní účinek na zdraví člověka považovat za minimální. (Miyake a Tanaka, 2007; Modrá et al., 2014)

### **1.9. Mykotoxiny**

Mykotoxiny jsou toxické sekundární metabolity produkované vláknitými houbami (plísněmi). Mají přirozený výskyt a do našeho potravního řetězce se mohou dostat buď přímo z rostlinných potravin, z jejich složky kontaminované mykotoxiny nebo nepřímou kontaminací z růstu toxigenních hub na potravinách. Mykotoxiny se mohou hromadit ve zrající kukuřici, obilovinách, sóje, čiroku, arašidech a dalších potravinářských a krmných plodinách na poli nebo během přepravy. K nejvýznamnějším zástupcům mykotoxinů patří aflatoxiny, produkované plísněmi *Aspergillus*, které mají extrémně vysokou toxicitu a nejčastěji se mohou vyskytovat v arašidech, kukuřici a skořápkových plodech. Další skupinou jsou ochratoxiny, produkované plísněmi *Aspergillus*, které se nejčastěji vyskytují v obilovinách, dále patulin, produkovaný plísněmi *Penicillium*, který se nejčastěji může vyskytovat v ovocných výrobcích. Dále sem ještě patří například fumonisimy a námelové alkaloidy. (Alshannaq a Yu, 2017; Bezpecnostpotravin.cz; Efsa.europa.eu)

Konzumace potravin nebo krmiv kontaminovaných mykotoxiny může způsobit akutní nebo chronickou toxicitu u lidí i zvířat. Kromě obavy z nepříznivých účinků přímé konzumace potravin a krmiv kontaminovaných mykotoxiny, existuje také ještě obava o veřejné zdraví z možného požití potravin živočišného původu, jako je maso, mléko nebo vejce, obsahující zbytky nebo metabolity mykotoxinů. Mykotoxiny v potravinách

mohou způsobit řadu nepříznivých zdravotních účinků, od gastrointestinálních a ledvinových poruch až po imunitní deficit a rakovinu. (Alshannaq a Yu, 2017; Efsa.europa.eu)

Maximální limity mykotoxinů v potravinách jsou velmi nízké kvůli jejich silné toxicitě. Například maximální limity pro aflatoxiny v různých ořeších, obilovinách, sušených fíkách a mléce jsou v rozmezí 0,5 až 15 µg/kg. Maximální limit pro patulin v jablečné šťávě je zase 50 µg/l. Expozice mykotoxiny musí být na co nejnižší úrovni, aby byli lidé chráněni. Proto je zde nutný dostatečný monitoring, aby byly splněny maximální úrovně a podmínky podle legislativy. (Who.int)

### **1.10. Bakteriální toxiny**

Bakteriální toxiny produkují určité bakterie a jsou velmi silně jedovaté. Jsou široce klasifikovány jako exotoxiny nebo endotoxiny. Exotoxiny jsou generovány a aktivně vylučovány, zatímco endotoxiny zůstávají součástí bakterií. Obvykle je endotoxin součástí bakteriální vnější membrány a neuvolní se, dokud není bakterie zabita imunitním systémem, což ale může způsobit vážný zánět a může vést dokonce až k sepsi. Exotoxiny jsou vysoce účinné a mohou způsobit velké poškození svého hostitele zničením buněk nebo narušením normálního buněčného metabolismu. Exotoxiny mohou být vylučovány nebo, stejně jako endotoxiny, mohou být uvolněny, když se bakteriální buňka v těle rozpadne. Nejběžnějšími bakteriemi, produkujícími toxiny, jsou *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *E. coli* 0157:H7, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens* a *Clostridium difficile*. (Foodsafety.ca, 2019)

Bakteriální toxiny poškozují tkáň a deaktivují imunitní systém, což způsobuje akutní příznaky otravy jídlem, jako je zvracení, nevolnost, průjem a závrať. Pokud se bakteriální toxiny dostanou do orgánů, jako jsou ledviny, játra, centrální nervový systém anebo periferní nervový systém, mohou způsobit vážná poškození, případně dokonce až smrt. Mnoho bakteriálních toxinů je stabilních nebo odolných vůči teplotě. Což znamená, že se nedají zničit procesem vaření, bakterie mohou být zabity, ale jídlo zůstává kontaminované toxiny. Jediným zaručeným způsobem ochrany před otravou je kontrola podmínek, za kterých se manipuluje s vysoce rizikovými potravinami, jako je maso, drůbež, mořské plody a mléčné výrobky. Jako všechny bakterie, i bakterie produkující toxiny potřebují k životu určité věci, jako jsou živiny a vlhkost. Dále se jím

daří v teplotní zóně 4 °C – 60 °C a pokud mají dostatečné množství času na množení. (Foodsafety.ca, 2019)

### **1.11. Těžké kovy**

Těžké kovy jsou toxické kovy s hustotou asi pětkrát větší než voda. Jsou toxické pro všechny živé organismy. Dostávají se do těla různými způsoby, jako je požití, vstřebávání a další. Škodlivé se stávají, když jejich míra akumulace je větší než jejich vylučování. Delší dobu se postupně hromadí v těle, až se začnou projevovat jejich toxické účinky. Kontaminace těžkými kovy je velkým problémem životního prostředí a velkých měst, kvůli činnostem lidského původu. Na jejich výrobě se podílí činnosti, jako je spalování fosilních paliv, těžba a využití mnoha chemikálií pro růst plodin a podobně. (Sardar et al., 2013)

Těžké kovy může obsahovat i odpadní voda a při aplikaci na plodiny může způsobit ohrožení půdy a rostlin rostoucích v této půdě. Narušují zde kořeny rostlin a tyto rostliny se po požití zvířaty nebo lidmi dostávají do potravního řetězce. Těžké kovy ovlivňují kvalitu a produkci plodin a také ovlivňují atmosféru a kvalitu vody. Tato kontaminace je významná a znepokojující kvůli rostoucí poptávce po bezpečnosti potravin. Existují různé zdroje těžkých kovů, mohou být přírodní a uměle vyrobené. (Sardar et al., 2013)

V následujících odstavcích jsou popsány nejznámější a nejvýznamnější zástupci:

#### **1.11.1. Rtuť**

Rtuť (Hg), je jediným kovem, který se za normální teploty vyskytuje v kapalném stavu. Jeho významná negativní vlastnost je vysoká tense par, tedy značné vypařování par i při běžné teplotě. Například při teplotě 20 °C dojde k rovnovážné koncentraci 15 mg rtuti na 1 m<sup>3</sup>. A při teplotě 40 °C může být již koncentrace až 68 mg Hg na 1 m<sup>3</sup>. Maximální povolená koncentrace je ovšem 0,1 mg Hg na 1 m<sup>3</sup>. Kovová rtuť představuje vysoké nebezpečí otravy inhalací. Touto cestou se jí dokáže vstřebat asi 80 %, z tohoto důvodu je nezbytné, aby byla rtuť dostatečně uzavřena, případně překryta vodou. V případě například rozlité rtuti je tedy na místě velká opatrnost a pečlivost při odstraňování, protože rtuť se může zachytávat ve spárách podlahy, v koberci a podobně. Likvidace probíhá co nejvíce pečlivým mechanickým vysbíráním, nebo jí lze překrýt



připraveným čerstvým práškovitým zinkem. Další možnost je například její zmražení pomocí CO<sup>2</sup> a poté ji rychle smést, jelikož rtuť tuhne při teplotě - 39 ° C. (Prokeš, 2005)

Akutní inhalační otravy rtutí se projevují několika způsoby. Nejčastěji je to stomatitida, zvýšené slinění, kovová pachut' v ústech, průjmy, bolesti břicha, ale i pneumonie. Chronické otravy, které jsou způsobeny dlouhodobějšími expozicemi menšími koncentracemi, se projevují několika příznaky, mezi které patří třes, nefritida, nechutenství a také neurologické poruchy. Negativně také působí na plod, a i na samotné reprodukční schopnosti. Perorální cestou je rtuť téměř netoxická, jelikož se z gastrointestinálního traktu vstřebává pouze asi 0,01 %. U anorganických sloučenin, rozpustných ve vodě, však absorpce může být podstatně větší a tím i jejich toxicita. Organické sloučeniny rtuti jsou považované se možné karcinogeny. Podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jsou limity pro pitnou vodu maximálně 1 µg/l. Vyhláška č. 153/2016 Sb. zase stanovuje takzvané preventivní limity pro zemědělskou půdu, ty jsou do 0,3 mg/kg sušiny. (Prokeš, 2005; Petrлік a Válek, 2010)

### ***1.11.2. Kadmium***

Kadmium (Cd) je jedním z nejlepších pasivačních prostředků v oblasti metalurgie. Ovšem jeho velká nevýhoda je, že je karcinogenní. Kovohutě, které vyrábějí tyto kovy jsou zdrojem znečištění životního prostředí. Kadmium se také dostává do atmosféry při spalování nekvalitního uhlí a olejů. Taktéž kouření cigaret je zdrojem kadmia, a to jak pro samotného kuřáka, tak i pro jeho okolí. Z kouře jediné cigarety se dostává inhalací 0,1 až 0,2 mg kadmia. Kadmium je toxické pro všechny buňky, i velmi malé dávky způsobují chemickou kastraci. Dále má značné toxické účinky na myokard. Dále se uvádí, že při kontaminaci prostředí těmito kovy, dochází poté ke snížení příjmu zinku a dalších mikronutrientů ze stravy. Nebezpečný patologický projev Cd je, že u něj dochází ke kumulaci v ledvinách. Dále kadmium vytváří páry při teplotě 321 ° C a vyšší. Tyto páry jsou velmi toxikologicky významné, jelikož dojde k inhalační otravě a následně může vzniknout zánět plicního epitelu, případně plicní edém. Zdroji kadmia v potravinách jsou hlavně fosfátová hnojiva, především z Afriky. U nás se uvádí, že největší množství kadmia je obsaženo ve zvěřině. (Prokeš, 2005)

### ***1.11.3. Olovo***

Olovo (Pb) je vysoce škodlivý těžký kov s modrošedou barvou. Lze ho snadno tvarovat a používat k vytváření slitin smícháním s jinými kovy. Může existovat v organické i anorganické formě. Anorganické olovo se převážně vyskytuje v prachu, půdě, starých nátěrech a dalších různých produktech, zatímco organické olovo se vyskytovalo převážně v olovnatém benzínu. Obě tyto formy jsou toxické, avšak organické komplexy olova jsou nadměrně toxické k biologickým systémům, v porovnání s anorganickými. Pb je druhý nejtoxičtější kov po arsenu. Člověk je vystaven expozici olova prostřednictvím atmosférického prachu, výfukových plynů automobilů, barev, kontaminovaných potravin a vody. Olovo se vstřebává do těla především jeho požitím. Zvýšená koncentrace olova v krvi u dětí ovlivňuje kognitivní výkon, postnatální růst, oddaluje pubertu a snižuje sluchovou kapacitu. U dospělých způsobuje kardiovaskulární onemocnění, problémy s CNS, ledvinami a plodností. V průběhu těhotenství může také brzdit růst plodu. (Kumar et al., 2020)

Vzhledem k tomu, že se olovo vyskytuje v životním prostředí, může se objevit i v potravinách, jelikož se může usazovat nebo absorbovat rostlinami pěstovanými pro ovoce nebo zeleninu, případně u rostlin používaných jako přísady do potravin, včetně doplňků stravy. Olovo, které se dostane do rostlin nebo na ně, nelze úplně odstranit mytím nebo jinými kroky při zpracování potravin. Olovo v rostlinách nebo ve vodě může být také přijímáno a absorbováno zvířaty, které jíme a následně předáno nám. Olovo se může neúmyslně dostat do výrobních procesů například pomocí starého vodovodního potrubí, které obsahuje a kontaminuje vodu používanou při výrobě potravin. Stejně jako jiné těžké kovy se v průběhu času nerozkládá a nezmizí ze životního prostředí. Není zcela možné odstranit nebo úplně zabránit jeho vstupu do potravin. Proto například FDA neustále monitoruje a reguluje hladiny olova v určitých potravinách, doplňcích stravy a kosmetice, aby se předešlo vážným zdravotním problémům. (Fda.gov)

### ***1.11.4. Arsen***

Arsen je přirozeně se vyskytující metaloidní prvek s všudypřítomnou distribucí v zemské kůře a podzemních vodách. Nachází se také v nižších hladinách ve vzduchu a v potravinách. Arsen se uvolňuje do životního prostředí zvětráváním, těžebními procesy a

dalšími přírodními jevy, jako je například vulkanická činnost. Arsen je vedlejším produktem při procesech tavení mnoha rud, včetně zlata, olova, kobaltu, niklu a zinku. Dříve byl používán v herbicidech, produktech na ošetření dřeva, v lécích a také v defoliantech používaných při destilaci piva, whisky a dalších alkoholických nápojů. Plyn arsin se dodnes používá při výrobě arsenidu galia, který se používá jako integrální součást polovodičů, laserů, světelných diod a dalších. Jednou z nevýznamnějších příčin chronické toxicity arsenu je kontaminovaná pitná voda v důsledku eroze půdy. (Kuivenhoven a Mason, 2021)

Lidé jsou vystaveni zvýšeným hodnotám anorganického arsenu při pití kontaminované vody, používání kontaminované vody při přípravě potravin, při zavlažování potravinářských plodin, konzumaci kontaminovaných potravin, průmyslových procesech a také při kouření tabáku. Dlouhodobá expozice anorganického arsenu, především prostřednictvím pitné vody a potravin, může vést k chronické otravě arsenem. Nejcharakterističtějšími účinky jsou kožní léze a rakovina kůže, dále pak také rakovina močového měchýře a plic. Arsen je také spojován s nepříznivými výsledky těhotenství s dopady na zdraví dětí a kojeneckou úmrtností. Expozice in utero a v raném dětství je spojována s vyšší úmrtností u mladých dospělých na více druhů rakoviny, srdečních infarktů, selhání ledvin a dopady na kognitivní vývoj. Kontaminace podzemních vod je rozšířená a existuje řada oblastí, kde je kontaminace pitné vody arsenem významná. V poslední době se uvádělo, že nejméně 140 milionů lidí v 50 zemích světa pije vodu obsahující arsen v úrovních převyšujících prozatímní hodnotu WHO 10 µg/l. (Who.int)

### ***1.12. Veterinární léčiva***

Veterinárními léčivy rozumíme antibiotika, která se ve velkém přidávala do krmiva pro zvířata z důvodu zvýšení váhového přírůstku a stále se používají pro zvýšení využitelnosti krmiva a také pro ochranu zvířat před různými nemocemi. Použitím antibiotik z důvodu léčení, profylaxe a podpoření růstu ovšem může zapříčinit také výskyt jejich reziduí v potravinách. Především se může jednat o maso a mléko. Obecně platí, že rezidua antibiotik se mohou vyskytovat v mléce 72–96 hodin od podání antibiotik. Tato rezidua antibiotik vyskytující se v potravinách mohou u lidí vyvolávat alergické reakce, případně zapříčinit rezistenci vůči patogenním organismům, tedy

vznik bakteriální rezistence. K minimalizování nežádoucích účinků antibiotik existují právní předpisy, které omezují jejich používání. (Babička, 2017)

### ***1.13. Přídavné látky***

Přídavné látky neboli také aditiva, jsou chemické látky, které jsou v současné době nezbytné pro drtivou většinu potravin. Přidávají se do potravin záměrně, při jejich výrobě, z důvodu zlepšení určitých vlastností potravin, jako je vzhled, chuť, vůně, konzistence a trvanlivost. Nejedná se o žádný výmysl poslední doby, přídavné látky se do potravin přidávají již po staletí. V minulosti se používal například ocet, sůl a kouř. Dnes jich existuje několik stovek. V posledních desetiletích však přídavné látky získaly status strašáka a často se stává, že spotřebitelé, kteří se podívají na obal potraviny, kde je nějaký obsah aditiv, se vystraší a nejrady by potravinu vrátili zpět do regálu a vzali si jinou, bez éček. To je ale skoro nemožné, protože aditiva jsou téměř všude. Tento negativní názor na aditiva má z velké části na svědomí změna v označování složení potravinářských výrobků v 80. letech 20. století, která zavedla označení „E“. Do té doby se přísady na etiketách uváděly v obecných skupinách, označující jejich funkci, jako například konzervační činidla, antioxidanty a barviva. (Babička, 2012; Velechová, 2018)

Aditiva jsou nedílnou součástí výrobních technologií většiny potravin současného moderního potravinářského průmyslu. Slouží k zajištění hygienické nezávadnosti potravin, zlepšení jejich kvality, zvýšení dostupnosti ve všech ročních obdobích a zlepšení a usnadnění přípravy potravin. V současnosti je na seznamu přídavných látek evidováno něco přes 2500 látek, pro potravinářskou výrobu se jich používá přibližně 350. (Babička, 2012)

#### ***1.13.1. Klady a zápory použití přídavných látek***

V předchozím odstavci jsme si představili přídavné látky, byly zmíněny důvody jejich využití a jejich spíše kladná pozitiva pro potravinářský průmysl. Ovšem je potřeba také zmínit možná rizika v podobě jejich negativního vlivu na lidské zdraví. O tom, zda je nutnost přidávat aditiva do potravin a jestli nebo do jaké míry jsou škodlivá pro lidské zdraví, se vedou vášnivé diskuze. Ovšem nelze dát jednoznačnou odpověď, zda je použití aditiv spíše pozitivum, či negativum. Obě strany mají své zastánce s pádnými argumenty, pravda ale bude někde uprostřed. Dnešní moderní potravinářský průmysl se

už bez některých přídatných látek neobejde. Některé tyto látky mohou být i zdraví prospěšné, jelikož řada z nich působí přímo jako vitamíny nebo jsou zdrojem minerálních látek. Ovšem některé přídatné látky mohou naopak působit nepříznivě na lidské zdraví. Především může být problém takzvaná potravinová intolerance, tedy nesnášenlivost. Tu by mělo mít 5-10 % populace a tato obzvláště citlivá skupina by měla být obezřetná při konzumaci potravin obsahující aditiva, či určité potravinové složky. Může se u nich objevit nežádoucí reakce, připomínající alergii, ovšem neměla by být životu nebezpečná. (Babička, 2018)

Nežádoucí reakce na přídatné látky bývají většinou neimunologické povahy, jedná se tedy většinou o intoleranci. To znamená nesnášenlivost na příslušnou sloučeninu, ne o skutečnou alergii. Někdy tyto reakce na aditiva bývají označovány jako pseudoalergie. Mezi možné nežádoucí reakce u konzervantů patří zrudnutí, otok hrdla, svědění a v některých případech se může projevit i astma. U dusičnanu sodného může dávka okolo 20 mg způsobit bolest hlavy, vyrážku a problémy s trávením. U barviv jako je například tartrazin se může objevit kopřivka a dále se také zkoumá jejich vliv na astma a hyperaktivitu. Pro zvýrazňovač chuti glutamát sodný byly uvedeny příznaky, jako pocity horka, nauzea, bolesti hlavy, pocení a napětí v oblasti hrudníku. Náhradní sladidlo aspartam a antioxidanty BHA a BHT zase prokázaly výskyt kopřivky u některých osob. Ovšem skutečné alergické reakce, do kterých je zapojen imunitní systém člověka, mohou vyvolat látky, které jsou bílkovinné povahy. A to jak rostlinného, tak i živočišného původu. (Bezpecnostpotravin.cz)

### ***1.13.2. Podmínky použití přídatných látek***

Použití aditiv při výrobě potravin podléhá přísným právním předpisům a je důkladně regulované. Během výroby potravin lze použít pouze ty přídatné látky, které byly schváleny příslušnými právními předpisy EU. Zařazení přídatné látky na seznam aditiv, která jsou povolena, vždy předchází posouzení z hlediska bezpečnosti. Nařízení ES č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách taktéž definuje základní podmínky pro přídatné látky, kdy teprve po jejich splnění může být látka přijata na seznam povolených přídatných látek EU. Mezi tyto podmínky patří, že přídatná látka nepředstavuje žádná zdravotní rizika pro spotřebitele. Dále, že existuje technologická potřeba použití této látky. Že použitím potravinářské přídatné látky neuvádíme

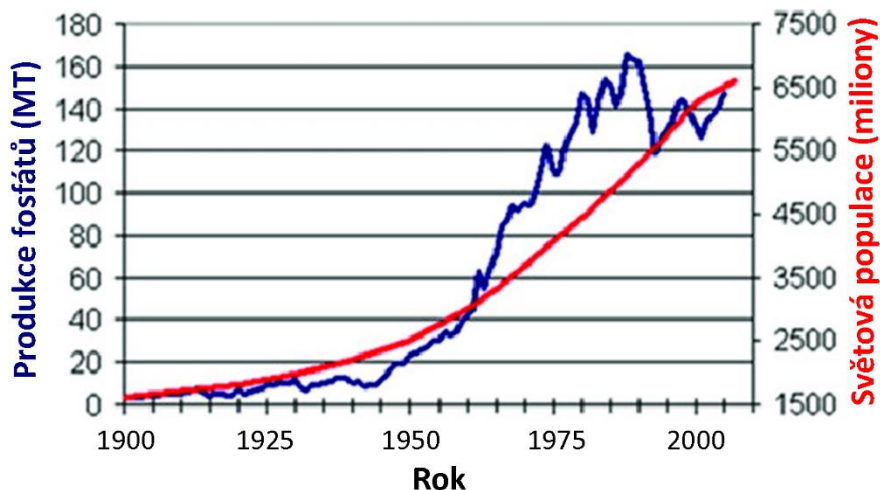
spotřebitele v omyl, například s ohledem na čerstvost, jakost složek a přirozenost produktu. V poslední řadě také přídavné látky musejí poskytnout výhody a přínosy pro spotřebitele, jako je například zlepšení schopnosti potravin, zachovat si jakost, stabilitu a zlepšit organoleptické vlastnosti. (Szpi.gov.cz, 2017)

Přídavné látky se mohou používat jen u výroby potravin, pro které jsou povoleny. A pro každou potravinu a každou přídavnou látku jsou stanoveny limity, tedy nejvyšší povolená množství. Přídavné látky se obecně nesmí používat pro výrobu potravin, které se už nezpracovávají, to je například med, neemulgovaný tuk a olej, máslo, neochucené kysané mléčné výrobky s živou kulturou, minerální voda, balená pramenitá voda, káva s výjimkou instantní a další. Právní předpisy taktéž omezují používání aditiv u výživy určené pro kojence a malé děti. (Szpi.gov.cz, 2017)

#### ***1.14. Pesticidy***

Potřeba neustále zvyšovat produkci potravin, kvůli rychle rostoucí lidské populaci, vyžaduje intenzivní využívání hnojiv a pesticidů, aby byly podniky schopny vyprodukovat stále více potravin. Také zabraňují hmyzu, plevelům a houbám poškozovat plodiny. Celosvětové průzkumy však dokumentovaly kontaminace a dopad agrochemických reziduí v půdách, v suchozemských a vodních ekosystémech, včetně pobřežních mořských systémů a jejich toxické účinky na biologické systémy. I když perzistentní organické chemikálie byly vyřazeny a nahrazeny více biologicky odbouratelnými chemikáliemi, kontaminace tímto starším reziduem stále ovlivňuje kvalitu potravin, vodu a životní prostředí. (Carvalho, 2017)

Zemědělská produkce od počátku 20. století výrazně vzrostla, aby se vyrovnala s demografickým růstem. Asi za jedno století počet obyvatel explodoval z 1,5 miliardy v roce 1900 na asi 6,1 miliardy v roce 2000. Při současném tempu se odhaduje, že v roce 2050 bude světová populace činit až 10 miliard lidí. Nárůst světové populace by nebyl možný bez paralelního růstu výroby potravin, a to díky pesticidům, jak je znázorněno na obrázku č. 5, který zobrazuje nárůst populace ve srovnání s produkcí fosfátových hornin, které se těží na extrakci fosforu, jako zemědělského hnojiva. Pesticidy nebo chemikálie na ochranu rostlin zahrnují několik skupin sloučenin, jmenovitě například organochlory, organofosfáty, karbamáty, pyretroidy, růstové regulátory, neonikotinoidy a nyní biopesticidy. (Carvalho, 2017)



**Obrázek č. 5:** Nárůst světové populace a produkce fosfátových hornin během minulého století

**Zdroj:** Carvalho, 2017.

Pesticidy, jakožto chemikálie, mohou být pro člověka toxické, avšak o jejich účinku rozhoduje funkce pesticidu. Účinek je také závislý na množství, koncentraci pesticidu a také zda se člověku dostane na kůži, spolkne ho, nebo vdechne. Neexistuje mnoho výzkumů ohledně dlouhodobých zdravotních rizik spojených s expozicí pesticidům. Důvěryhodný zdroj Světové zdravotnické organizace (WHO) však naznačuje, že kontakt s velkým množstvím pesticidů by mohl ovlivnit reprodukci a být potenciální příčinou rakoviny. Vystavení velkému množství pesticidů může způsobit otravu, která se může projevit okamžitě, případně až po několika hodinách. Mezi příznaky otravy patří bolest hlavy, závrať, nevolnost, průjem, nespavost, podráždění očí a kůže. (Marengo, 2020)

V potravinách se vyskytují zbytky pesticidů. Pesticidy mohou ovšem také stékat přímo z polí nebo prosáknout půdou a dostat se do vodních toků. Lidé mohou konzumovat zbytky pesticidů v potravinách, ovšem například EPA stanovila úroveň obsahu pesticidů v potravinách, které by měly být bezpečné. Pokud potravinářský produkt obsahuje nebezpečnou hladinu pesticidů, EPA jej může stáhnout z prodeje. (Marengo, 2020)

### ***1.14.1. Klasifikace pesticidních přípravků***

Pesticidní přípravky můžeme dělit podle cílové skupiny a způsobu aplikace:

- a) Herbicidy – proti plevelným rostlinám, způsoby aplikace jsou zde aplikací na list, systémové nebo translokovatelné, kontaktní a aplikovatelné do půdy.
- b) Fungicidy – proti houbovým chorobám. Jsou ochranné – nesystémové a kurativní – systémové.
- c) Insekticidy – proti hmyzu. Jsou systémové a nesystémové.
- d) Akaricidy – proti roztočům.
- e) Nematocidy – proti hád'átkům.
- f) Molluskocidy – proti měkkýšům vodním i suchozemským.
- g) Rodenticidy – proti hlodavcům. (Babička, 2017)

### ***1.14.2. Maximální limity reziduí pesticidů***

Maximální limity reziduí pesticidů (MRL) je nejvyšší přípustné množství rezidua pesticidů, které je toxikologicky přijatelné a je výsledkem používání pesticidních přípravků, které je v souladu s GAP, tedy ochrana rostlin v průběhu vegetace, či skladování. Nebo jsou výsledkem kontaminovaného životního prostředí pesticidy, které se dnes už nepoužívají, tedy zakázané pesticidy. Maximální limity reziduí jsou důležitý nástroj pro ochranu spotřebitelů. Uvádějí se pro dané kombinace pesticidů a potravinových komodit a jsou vyjádřeny v mg na 1 Kg. (Babička, 2017)

MRL pesticidů musí respektovat toxikologické limity, u kterých se při jejich stanovení počítá i s takzvaným bezpečnostním faktorem. Je ovšem nutné zmínit, že pokud dojde k mírnému překročení limitů, nemusí to hned znamenat, z toxikologického hlediska, bezprostřední ohrožení zdraví konzumentů. Rizikové koncentrace, které vyvolají akutní otravu, případně při dlouhodobějším příjmu, který může vézt k chronické intoxikaci, jsou daleko vyšší. Ovšem toto kritérium je důležité pro kontrolu, zda jsou dodržovány příslušné předpisy týkající se aplikace pesticidů. (Babička, 2017)

Aplikace pesticidních přípravků může i při dodržování správných zemědělských postupů zanechat u zemědělských plodin, případně v ekosystému, množství reziduí, která jsou detekovatelná. Za určitých podmínek se stopy těchto pesticidů, nebo jejich rozpadových produktů, mohou objevit i v pitné, či závlivkové vodě. Ovšem



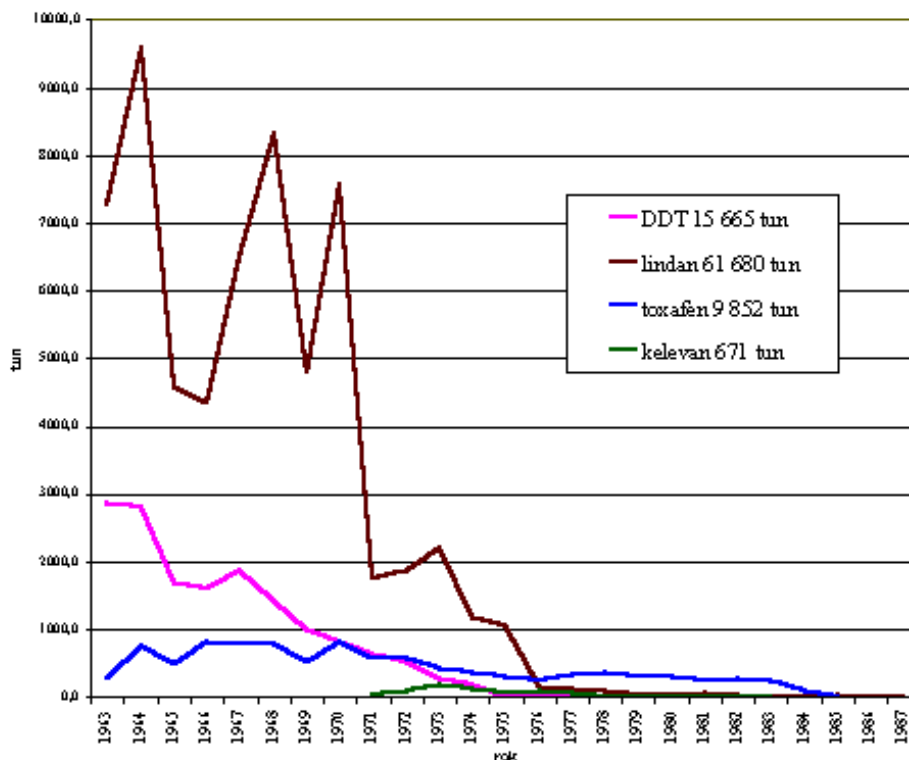
technologickými procesy, v průběhu zpracování zemědělských plodin a kulinární přípravou pokrmů, se může docílit významného poklesu hladiny reziduí, případně i k úplné eliminaci. (Babička, 2017)

#### ***1.14.3. Dichlordifenyiltrichloreťany (DDT)***

Dichlordifenyiltrichloreťan, zkráceně DDT, je organochloridový insekticid, který se používal především v 50. a 60. letech 20. století. V roce 1974 byl v Československu zakázán, ovšem používal se ještě následujících několik let, například k likvidaci vší. Vývoj spotřeby DDT v bývalém Československu je zobrazen na obrázku č. 6. DDT je dobře účinné na likvidování komárů z rodu *Anopheles*, kteří přenášejí malárii. Jediným, kdo produkoval DDT ještě v roce 2010, byla Indie. Člověk s touto látkou může přijít do kontaktu kontaminací potravy. Hromadí se téměř ve všech tkáních lidského těla, dokáže projít i placentou a přechází i do mateřského mléka. (Repeš a Válek, 2010)

V průběhu 70. let minulého století bylo v řadě vyspělých států zakázáno pro oblasti ochrany rostlin a zemědělských plodin. DDT a jeho metabolity jsou poměrně dost stálé a málo těkavé sloučeniny, které mají malou rozpustnost ve vodě, a naopak velkou schopnost akumulace v tukových tkáních. Poločas rozpadu je asi 8-15 let, vysoké koncentrace byly naměřeny například v bývalém skladu pro pesticidy v Klatovech a také v chemických závodech Spolana Neratovice a Spolchemie Ústí nad Labem a v jejich okolí. (Repeš a Válek, 2010)

U DDT se objevila takzvaná kumulativní toxicita, kdy příznaky otravy se projevují při dosažení určité koncentrace v organismu. U České populace se do organismu dostává především prostřednictvím potravy. Vystavení DDT můžeme být ze stravy, ze které suroviny pochází z oblastí, kde DDT bylo aplikováno jako pesticid, případně konzumací kontaminovaných zvířat. DDT je pravděpodobně lidský karcinogen a poškozují játra. Dále způsobuje dočasná poškození nervového systému a také poškozují reprodukční systém, čímž omezuje schopnost mít děti. I když se koncentrace DDT v životním prostředí České republiky snižuje, přesto se s ním a jeho metabolity můžeme ještě setkat skoro na každém kroku. (Repeš a Válek, 2010)



**Obrázek č. 6:** Vývoj spotřeby DDT v bývalém Československu v porovnání s dalšími organochlorovými pesticidy

**Zdroj:** Arnika.org

### 1.15. Dusičnany a dusitany

Dusičnany a dusitany jsou dva různé typy sloučenin. Dusičnany ( $\text{NO}^3$ ) se skládají z jednoho atomu dusíku a tří atomů kyslíku. Dusitany ( $\text{NO}^2$ ) se skládají z jednoho atomu dusíku a dvou atomů kyslíku. Dusičnany jsou poměrně inertní, což znamená, že jsou stabilní a je nepravděpodobné, že se změní a způsobí poškození. Ovšem bakterie v ústech nebo enzymy v těle je však mohou přeměnit na dusitany, které už škodlivé být mohou. Dusitany se zase mohou změnit na oxid dusnatý, který je pro tělo prospěšný anebo nitrosaminy, které mohou být škodlivé. Výrobci masa přidávají do svých produktů dusitany, aby je konzervovali. Jsou důvodem, proč je uzené maso růžové nebo červené. V mase se dusitany mění na oxid dusnatý, ten reaguje s bílkovinami v mase, mění jeho barvu a pomáhá ho konzervovat. Bez dusitanů a dalších přísad by maso rychle zhnědlo. (Gunnars, 2020)

Dusičnany a dusitany se tedy často přidávají do zpracovaného masa, jako je slanina, šunka, klobásy, párky a další. Tyto přidané sloučeniny pomáhají v produktech zabránit

růstu škodlivých bakterií, přidají slanou chuť a vylepšují barevný vzhled masa. Ovšem vysoký příjem průmyslově zpracovaných masných výrobků zvyšuje riziko rakoviny v trávicím traktu. Někteří lidé se domnívají, že důvodem zvýšeného rizika jsou dusičnany a dusitany, ty se však přirozeně vyskytují i v zelenině, která naopak riziko některých typů rakoviny a dalších onemocnění může snižovat. Podle jedné studie lidé až 80 % dusičnanů ze stravy získávají ze zeleniny. Samotné tělo také produkuje dusičnany a vylučuje je do slin. Dusičnany a dusitany se ve stravě navíc mohou změnit na oxid dusnatý, který rozšiřuje krevní cévy a snižuje krevní tlak. Ovšem za určitých podmínek se mohou stát nebezpečnými. Pokud se vaří dusičnany nebo dusitany při vysokých teplotách, mohou se tvořit nitrosaminy. (Gunnars, 2020)

#### ***1.15.1. Nitrosaminy***

N-nitrosaminy se mohou tvořit v potravinách jako výsledek přirozených chemických interakcí, ovšem také se tvoří především v průběhu zpracování potravin. Většina z nich je silně karcinogenní. Existují v několika formách a jejich stanovení má značný význam. Mezi nejvíce vyskytující se patří N-nitrosodimethylamin (NDMA), jehož vlastnosti byly objeveny už v roce 1956, má hepatotoxické a karcinogenní vlastnosti. Dále je to například N-nitrosodiethylamin a N-nitrosopyrrolidin. Výskyt N-nitrosaminů je obvykle spojen s potravinami jako jsou uzeniny, pivo, dusitany konzervované maso, sýry a rybí produkty. Celkově se vyskytují v potravinách, kde se tvoří reakce nitrosačních činidel se sekundárními aminy. (Collin crews, 2010)

Jídlo je hlavním zdrojem vystavení člověka N-nitrosaminů, dalším zdrojem je kouření a následuje endogenní syntéza, jako je například reakce dusitanů ze zeleniny s aminy. Studie z první poloviny 90. let analyzovaly na 556 vzorků vybraných potravin, z nichž v 427 (68 %) byl zjištěný výskyt NDMA. Nejvyšší hladina byla u ryb a to 13,4 mg na 1 kg, hladiny masných výrobků byly mnohem nižší, od 0,04 do 0,46 mg na 1 Kg. V mase, jako je slanina nebo uzená šunka jsou dusitany přítomné především k ochraně masa před infekcí bakteriemi. Pro spotřebitele je mnohem větší zdravotní riziko vysoce toxické bakterie *Clostridium botulinum*, než N-nitrosaminy. V současné době neexistuje žádná přijatelná náhrada za dusitany. (Collin crews, 2010)

### ***1.16. Polycyklické aromatické uhlovodíky***

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) jsou skupinou, kterou tvoří více než sto látek, které tvoří uhlík a vodík ve formě benzenových jader. Tyto látky mohou vznikat při silném ohřevu a během spalování organických sloučenin za omezeného přístupu kyslíku, při teplotách od 500 až 900 °C. Řada polycyklických aromatických uhlovodíků patří mezi lidské karcinogeny. Jeden z nejznámějších zástupců PAU je benzo(a)pyren, kterému je věnováno nejvíce pozornosti, ovšem jsou i PAU vykazující ještě větší karcinogenitu. Dalšími významnými PAU jsou například benz(a)anthracen, fluoranthen a perylen. (Bezpecnostpotravin.cz; Havel a Válek, 2010)

PAU se vyskytují ve výfukových zplodinách, ve zplodinách v řadě průmyslových oborů, elektráren a tepláren. Jejich výskytem v ovzduší pak může dojít ke kontaminaci rostlinné potravy. PAU je možné snížit v ovzduší centralizovaným vytápěním. PAU se také vytvářejí při výrobě nebo přípravě potravin, například při pečení, smažení a grilování. Dalším zdrojem PAU je kouření cigaret. Největším zdrojem PAU pro člověka nekuřáka jsou potraviny, vyskytují se v grilovaných a uzených výrobcích. PAU vznikají během grilování na otevřeném, kouřícím ohni, i na dřevěném uhlí, spalováním odkapávajícího tuku. Látky, které nese kouř, se srážejí a ulpívají na grilovaných potravinách. (Bezpecnostpotravin.cz)

U tradičního uzení je obsah PAU vyšší než při využití tekutého kouře. Tekutý kouř je v současnosti více používán a aplikuje se formou aerosolu či ponořením výrobku. Výhodou jsou i nižší emise. Dále se vyskytují v tucích a olejích, v sušeném ovoci, i v čerstvém ovoci a zelenině. Nepatrné množství je i v kávě, mléce a čaji. Denní příjem v EU se pohybuje něco mezi 14–270 ng na osobu. (Bezpecnostpotravin.cz)

## **2. Cíle práce a výzkumné otázky**

### ***Práce si vytyčila následující cíle:***

Cíl 1: Popsat druhy a výskyt toxických látek, analyzovat současný stav toxických látek v potravinách a definovat jejich vliv na veřejné zdraví.

Cíl 2: Definovat účinky toxických látek na lidský organismus.

### ***Práce si položila následující výzkumné otázky:***

1. Orientuje se běžná populace v oblasti toxických látek v potravinách?
2. Liší se znalosti adresátů, v oblasti toxických látek v potravinách, na základě jejich vzdělání?

### **3. Metodika**

Metodika práce byla plněna na základě kvantitativního výzkumného šetření, které pracuje s číselnými údaji a prověřuje již existující teorie. Má za cíl třídit údaje a vysvětlovat příčiny existence nebo změn jevů. V jeho rámci byla nejprve vytvořena teoretická část práce, mapující současný stav oblasti toxických látek v potravinách a jejich vliv na veřejné zdraví. Na základě teoretické části byl vytvořen standardizovaný dotazník, který zkoumal povědomí adresátů o oblasti toxických látek v potravinách a jejich vlivu na veřejné zdraví. Cílová skupina byla tvořena širokou veřejností.

Adresáti výzkumného šetření byly osloveni s prosbou o vyplnění dotazníku. U kvantitativního výzkumu je snaha vybírat zkoumané osoby tak, aby reprezentovaly jistou populaci. Výsledky výzkumného šetření budou odpovídat na výzkumné otázky, které si práce položila a byly graficky zpracovány.

#### **3.1. Výzkumný soubor**

Výzkumný soubor byl tvořen respondenty z řad běžné populace, aby bylo možné dosáhnout odpovědi na výzkumnou otázku, zda se běžná populace orientuje v oblasti toxických látek v potravinách a jejich vlivu na veřejné zdraví. Adresáty dotazníkového šetření tvořili občané ze všech věkových kategorií, s výjimkou dětí a mladistvých a z celé řady různých profesí a různého vzdělání. Tím bylo dosaženo odpovědi na druhou výzkumnou otázku, zda se výsledky adresátů liší v závislosti na jejich vzdělání.

#### **3.2. Sběr dat**

Sběr dat probíhal 10 dnů, konkrétně od 20.4. do 30. 4. 2022. Jelikož se pro kvantitativní výzkum doporučuje alespoň 100 osob, aby data byla relevantní, cíl byl tedy získat minimálně 100 respondentů.

Celkově se za období sběru dat podařilo získat 114 vyplněných dotazníků. Sběr dat probíhal především elektronickou formou, oslovením respondentů na sociálních sítích, ale také probíhal i osobně. Adresáti byli vždy osloveni s prosbou o vyplnění dotazníku, který se skládal z 21 otázek, přičemž prvních 5 otázek zkoumalo informace o samotných adresátech, následující 16 otázek již byly otázky testující povědomí adresátů

o dané problematice. Adresáti vždy byli upozorněni, že dotazník je anonymní a na každou otázku je pouze jedna správná odpověď.

Získána data byla vložena do programu Excel, kde sloužila pro výpočet základních statistických údajů a následně byla data vynesena do grafů.

## 4. Výsledky

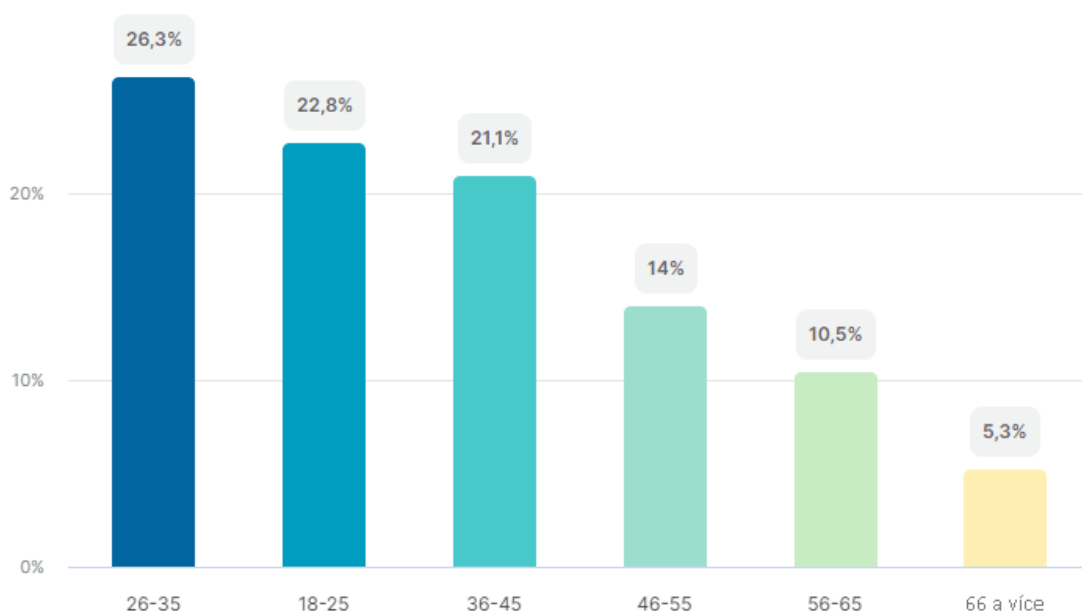
Výsledky výzkumného šetření v praktické části práce analyzovaly povědomí oslovených respondentů z řad běžné populace o oblasti toxických látek v potravinách a veřejném zdraví. Toho bylo dosaženo formou dotazníku, který obsahoval 21 otázek na danou problematiku. Pro přehlednost byly výsledky jednotlivých otázek vyneseny do grafů a analyzovány. Celkově se výzkumného šetření zúčastnilo 114 respondentů. Výsledky výzkumného šetření jsou následující:

### Otázka č. 1:

První otázka zkoumala pohlaví jednotlivých adresátů, abychom měli představu, kolik procent z celkového počtu respondentů tvořily ženy a kolik muži. Celkově se výzkumu zúčastnilo 114 adresátů, z toho 63 žen (55,3 %) a 51 mužů (44,7 %).

### Otázka č. 2:

Druhá otázka zkoumala, v jaké věkové kategorii se respondenti nacházejí. Nejvíce respondentů (23,3 %) se nachází ve věkové kategorii mezi 26 a 35 lety. Následuje věková kategorie 18-25 let, kde se nachází 22,8 % a 36-45 let, kde je 21,1 %. Nejméně lidí je v kategorii 66 let a více, tu tvoří 5,3 % z celkového počtu respondentů.



**Obrázek č. 7:** Graf jednotlivých věkových kategorií

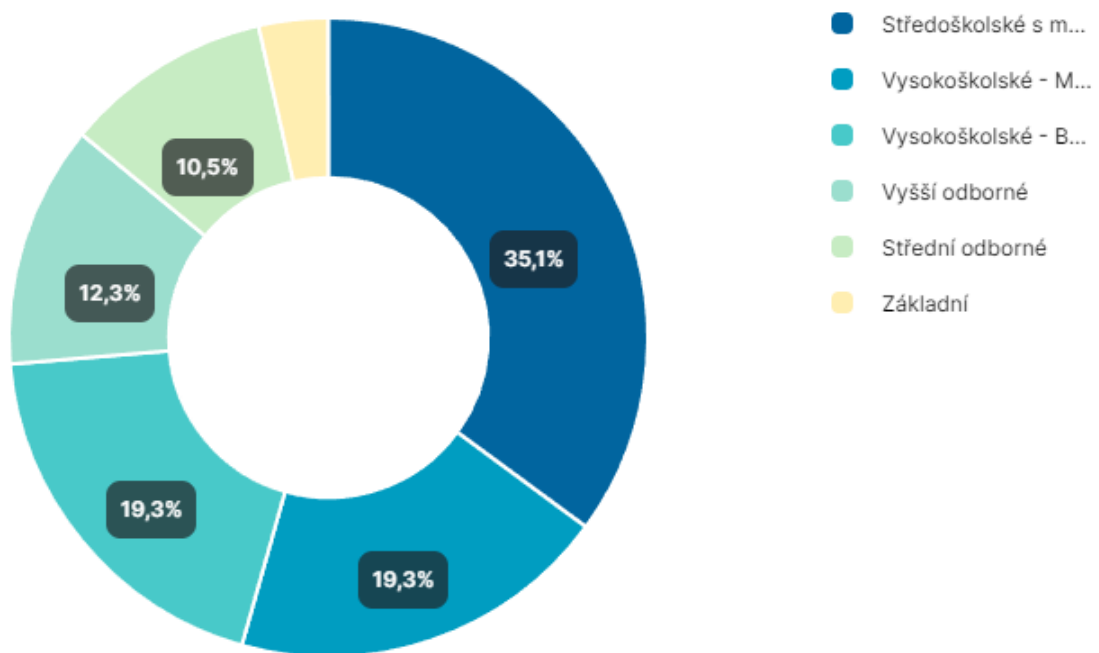


**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 3:**

Třetí otázka se zabývala dosaženým vzděláním jednotlivých respondentů, jelikož jedna z výzkumných otázek zkoumá, zda se znalosti o toxických látkách v potravinách liší u respondentů na základě jejich vzdělání. Předpoklad byl, že znalosti adresátů budou v přímé úměře s dosaženým vzděláním. To znamená, že vzdělání lidé buďto mají více vědomostí o daném tématu, případně si dovedou odpověď lépe odvodit než lidé, kteří mají vzdělání na nižší úrovni.

Dotazník vyplnilo nejvíce lidí se středoškolským vzděláním (35,1 %). Následuje vysokoškolské bakalářské vzdělání (19,3 %) a shodně vysokoškolské – Mgr., Ing. a MUDr. (19,3 %). Dále je vyšší odborné vzdělání (12,3 %) a střední odborné (10,5 %). Nejméně respondentů bylo se základním vzděláním (3,5 %).



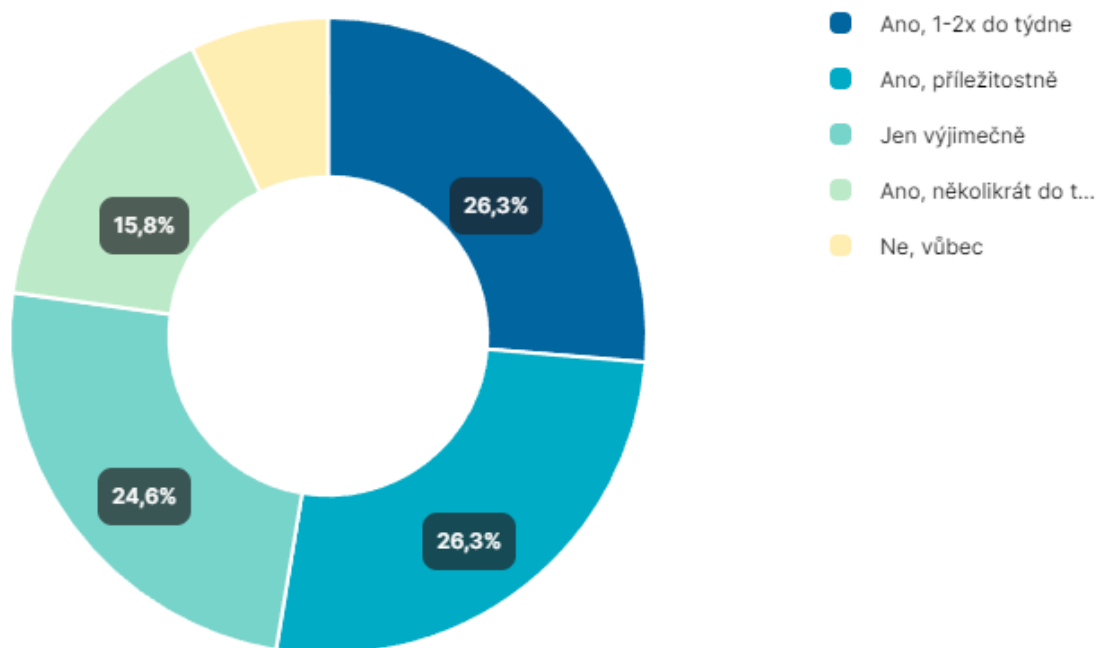
**Obrázek č. 8:** Graf vzdělanosti respondentů

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 4:**

Čtvrtá otázka se věnuje sportovní aktivitě adresátů. Je základní předpoklad, že lidé, kteří se věnují více sportovní aktivitě, budou mít větší úspěšnost v dotazníku než lidé, kteří se sportovním aktivitám věnují málo nebo vůbec. Je předpoklad, že lidé, kteří sportují, se i více věnují zdravému stravování, na rozdíl od nespportujících lidí, kteří to často neřeší vůbec a více inklinují k nezdravým a průmyslově zpracovaným potravinám.

26,3 % adresátů uvedlo, že se věnují sportovní aktivitě jednou až dvakrát do týdne, shodně 26,3 % dále uvedlo, že sportují jen příležitostně. 24,6 % sportuje jen výjimečně. Několikrát do týdne sportuje 15,8 % a 7 % oslovených adresátů nespportuje vůbec.

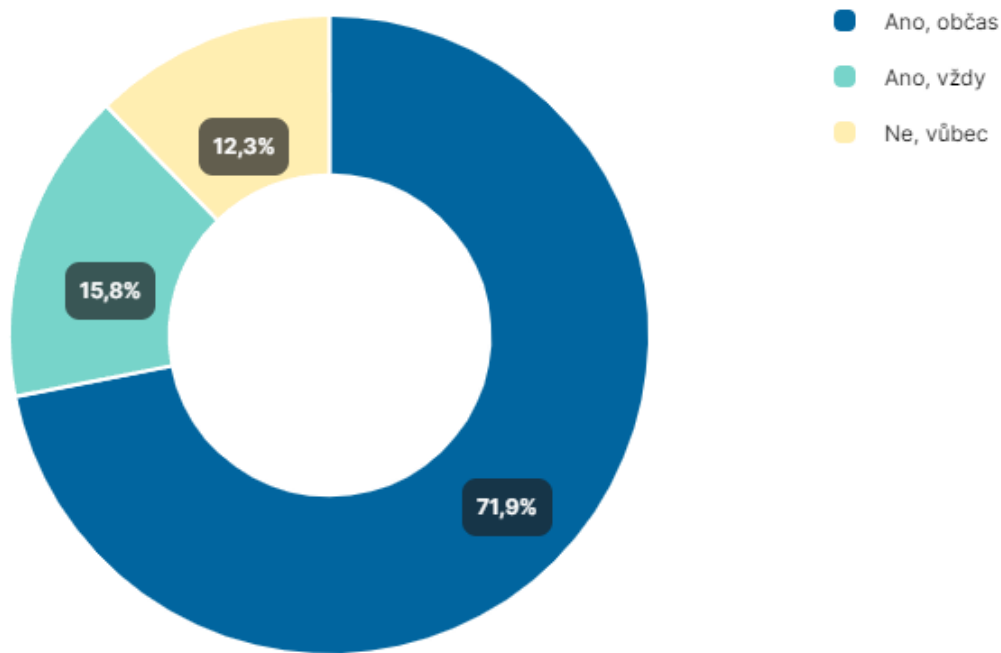


**Obrázek č. 9:** Graf sportovní aktivity respondentů

**Zdroj:** Vlastní výzkum

#### **Otázka č. 5:**

Pátá otázka zkoumala, jaké množství respondentů vybírá při nákupu potravin podle jejich složení, například podle obsahu přídavných látek v potravinových produktech. Většina všech respondentů, 82 ze 114 (71,9 %) v dotazníku odpověděla, že vybírají potraviny podle složení pouze občas, 15,8 % vždy a 12,3 % respondentů to neřeší vůbec.

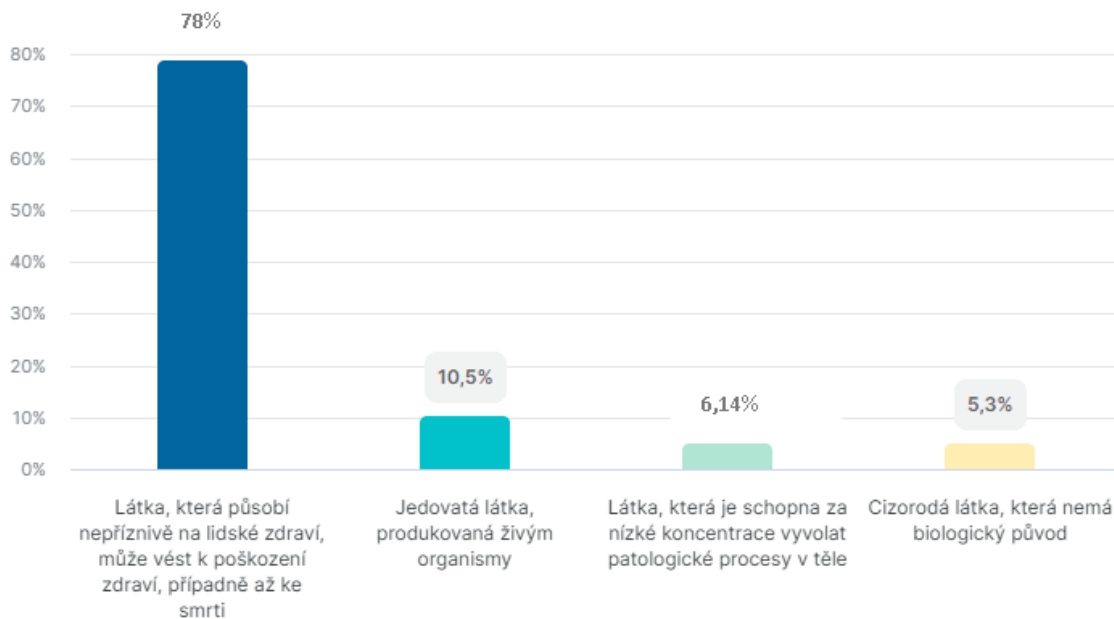


**Obrázek č. 10:** Graf analyzující výběr potravin respondentů podle složení produktů

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 6:**

Šestá otázka byla první znalostní otázka v dotazníku, která zkoumala, zda mají adresáti povědomí o tom, co je to vůbec toxická látka. 89 respondentů (78 %) odpovědělo správně, že toxická látka je látka, která působí nepříznivě na lidské zdraví, může vést k poškození zdraví a případně až ke smrti. Dalších 12 respondentů (10,5 %) odpovědělo špatně, že toxická látka je jedovatá látka produkovaná pouze živými organismy. Dalších 7 respondentů (6,14 %) označilo odpověď, že se jedná o látku, která je schopna za nízké koncentrace vyvolat patologické procesy v těle a 6 osob (5,3 %) označilo odpověď, že se jedná o cizorodou látku, která nemá biologický původ.

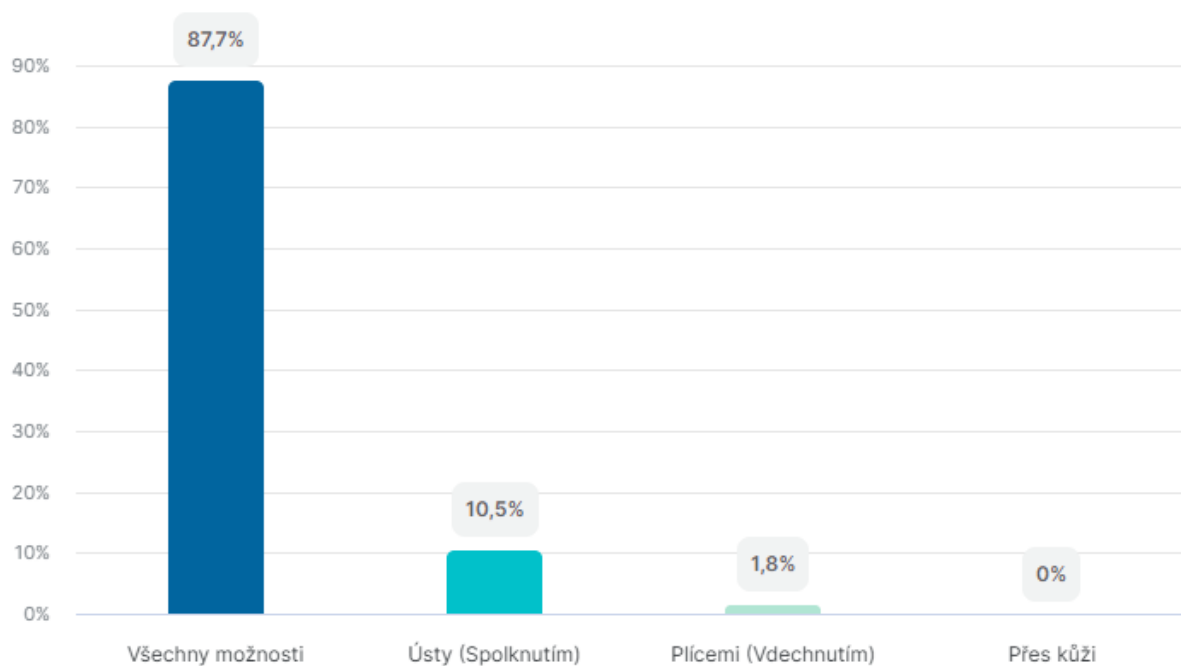


**Obrázek č. 11:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 6

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 7:**

Sedmá otázka se ptala respondentů, zda vědí, jakými všemi možnými cestami se toxické látky mohou dostat do těla. Většina všech respondentů (87,7 %) označilo správnou odpověď, že se jedná o všechny možnosti, tedy že toxická látka se může do těla dostat ústy, plícemi i přes kůži. 10,5 % respondentů si myslelo, že je to pouze ústy a 1,8 % označilo možnost pouze plícemi.

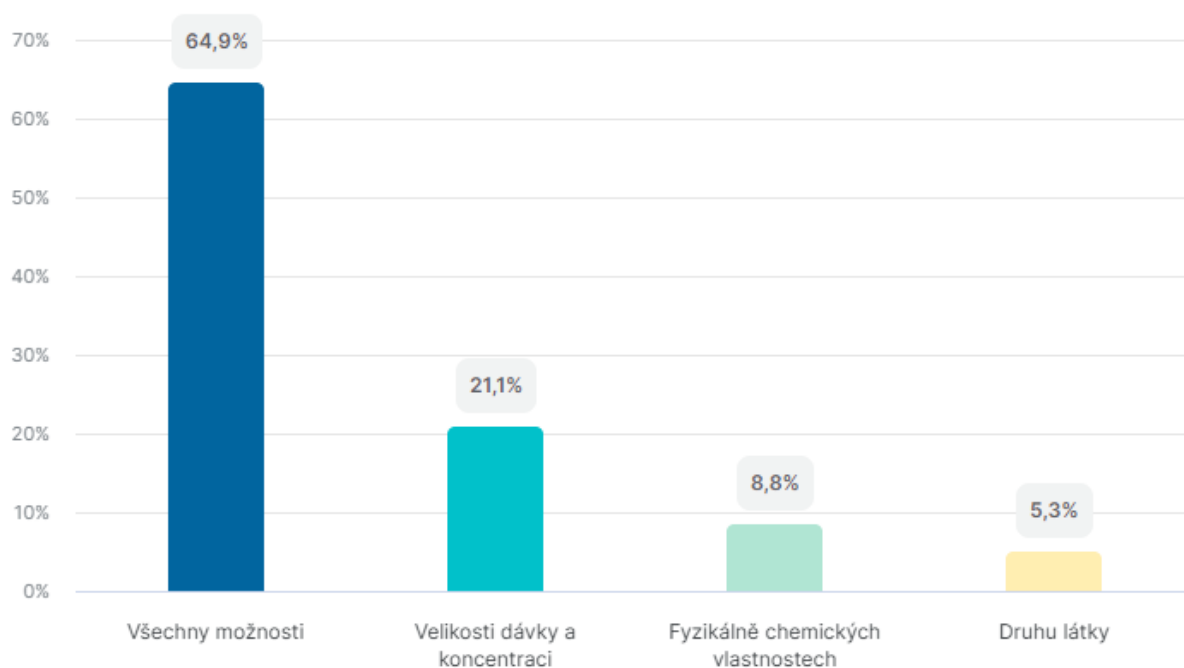


**Obrázek č. 12:** Graf zobrazující výsledky adresátů u otázky č. 7

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 8:**

Otázka číslo 8 se dotazovala na faktory, které mohou ovlivnit účinky toxických látek. 74 respondentů (64,9 %) vybralo správně, že všechny možnosti jsou správné. Dalších 21,1 % odpovědělo, že záleží jen na velikosti dávky a koncentraci, dalších 8,8 % odpovědělo, že na fyzikálně chemických vlastnostech a 5,3 %, že záleží na druhu látky.

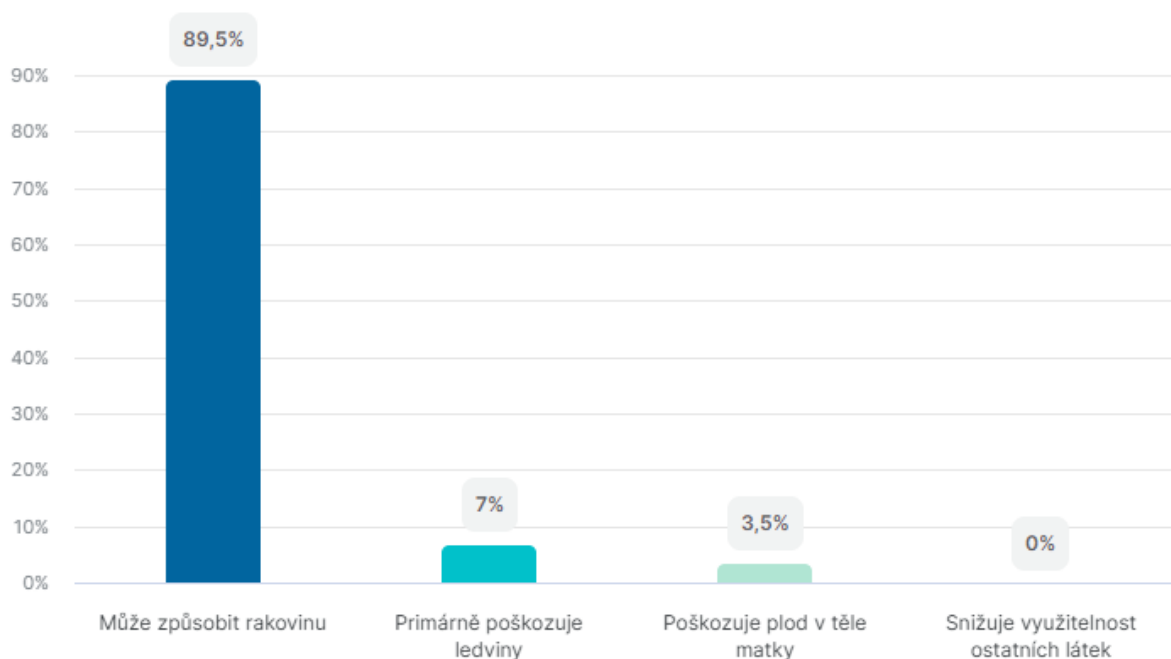


**Obrázek č. 13:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 8

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 9:**

Otázka číslo 9 se dotazovala na to, co může způsobit látka, která má karcinogenní účinek. 102 respondentů (89,5 %) odpovědělo, zcela správně, že se jedná látku, která může způsobit rakovinu. Dalších 7 %, že se jedná o látku, která primárně poškozuje ledviny a 3,5 %, že jde o látku, která poškozuje plod v těle matky. Odpověď, že se jedná o látku, která snižuje využitelnost ostatních látek, neoznačil nikdo.

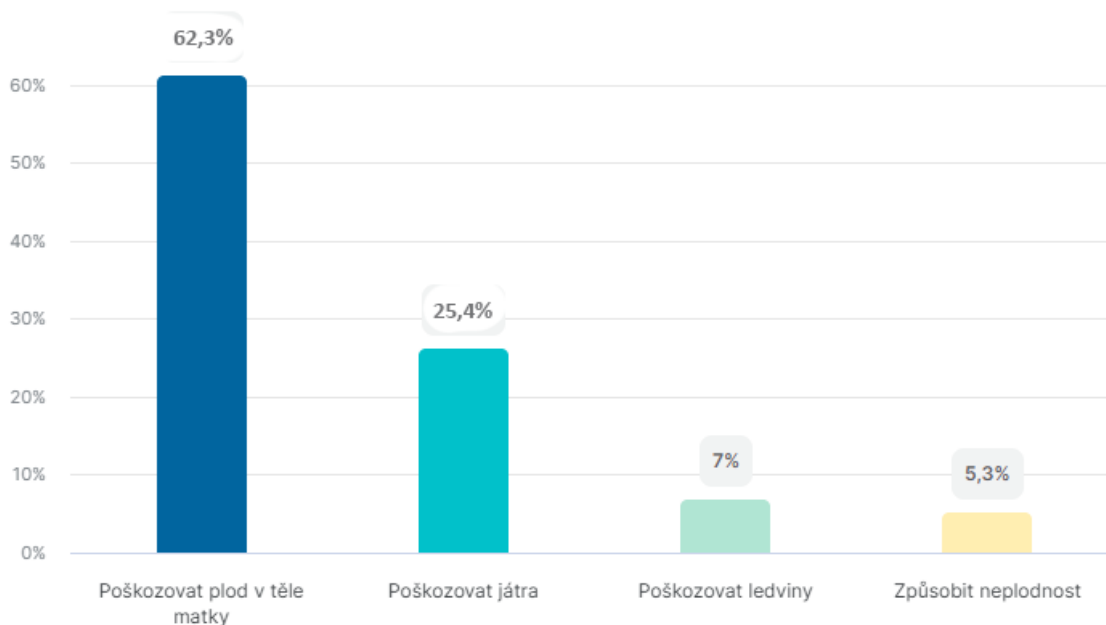


**Obrázek č. 14:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 9

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 10:**

Otázka číslo 10 se dotazovala respondentů, zda vědí, co znamená teratogenní účinek toxické látky. 71 respondentů (62,3 %) vybralo správně, že teratogenní látka je schopna poškodit plod v těle matky, dalších 29 (25,4 %) označilo odpověď, že teratogenní látka poškozuje játra. Dalších 8 (7 %), že poškozuje ledviny a zbylých 6 respondentů (5,3 %) označilo možnost, že teratogenní látka způsobuje neplodnost.



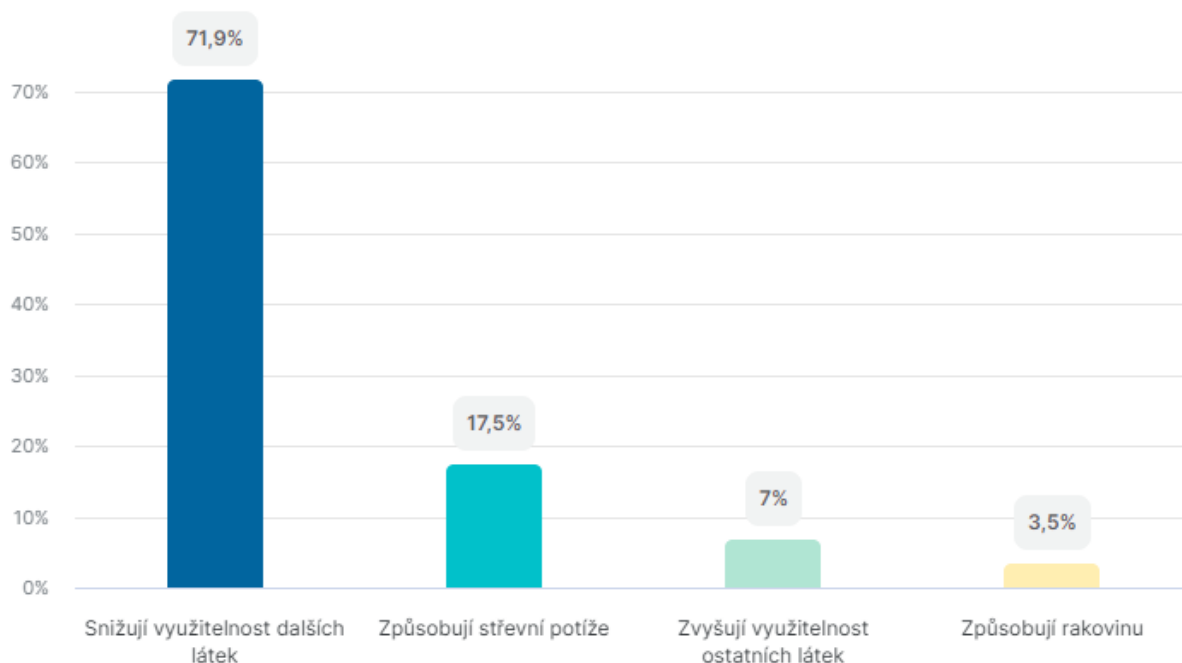
**Obrázek č. 15:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 10

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 11:**

Otázka číslo 11 zkoumala, zda adresáti mají povědomí o tom, jak se v těle chová antinutriční látka. 82 respondentů (71,9 %) odpovědělo správně, že se jedná o látku, která snižuje využitelnost dalších látek, dalších 17,5 % respondentů vybralo odpověď, že se jedná o látku, která způsobuje střevní potíže. Dalších 7 % vybralo odpověď, že látka zvyšuje využitelnost ostatních látek a zbylých 3,5 %, že způsobuje rakovinu.



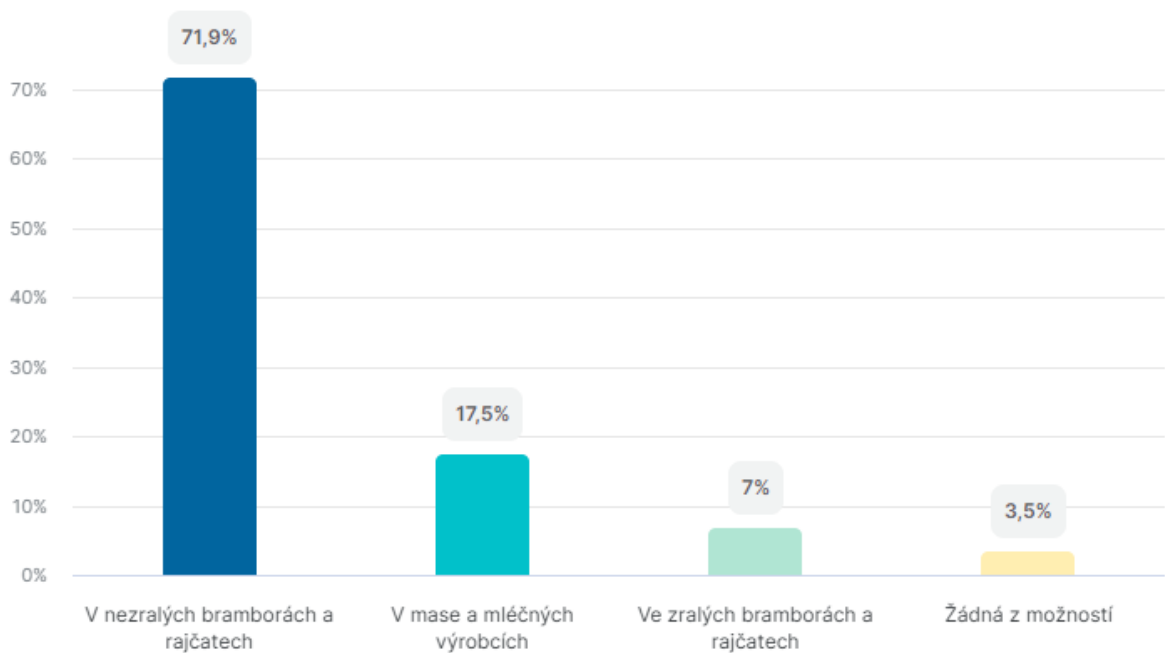


**Obrázek č. 16:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 11

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 12:**

Otázka číslo 12 se ptala na to, v jakých plodinách se můžeme setkat s vysokým obsahem alkaloidů. 82 respondentů (71,9 %) vybralo správně, že vysoký obsah alkaloidů se může nacházet v nezralých rajčatech a bramborách. Dalších 17,5 % vybralo, že se může nacházet v mase a v mléčných výrobcích. 7 % vybralo ve zralých bramborách a rajčatech a zbylých 3,5 % respondentů označilo, že žádná možnost není správná.

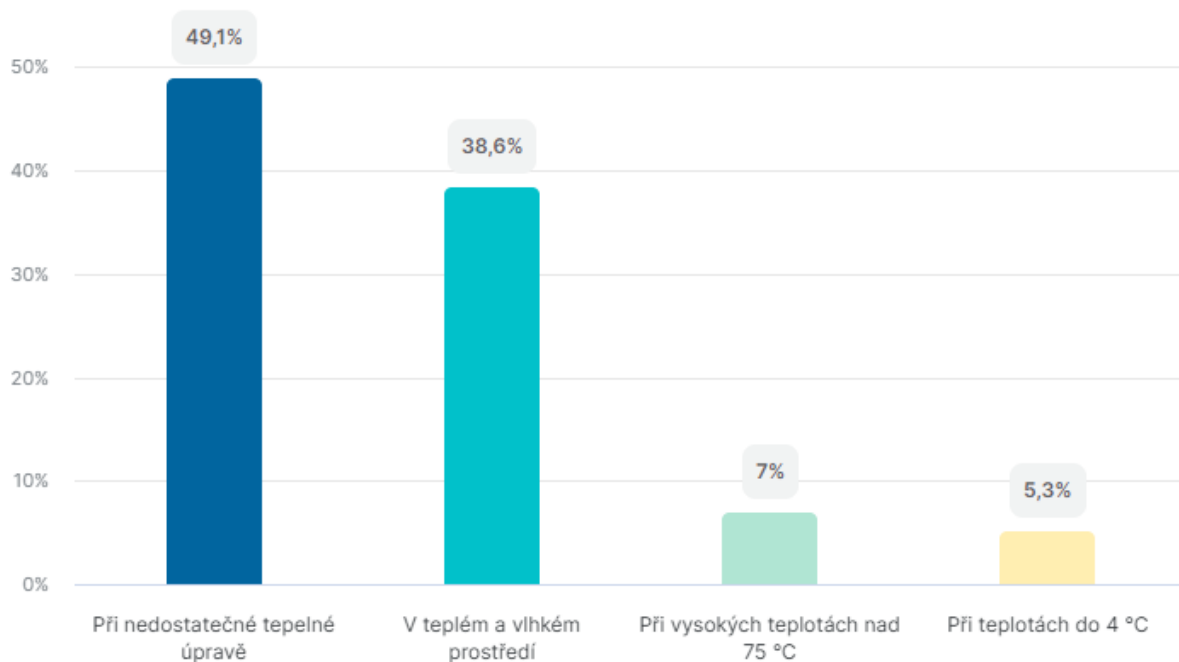


**Obrázek č. 17:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 12

**Zdroj:** Vlastní výzkum

### Otázka č. 13:

Otázka číslo 13 se dotazovala respondentů, zda mají povědomí o tom, za jakých podmínek hrozí kontaminace potravin mikrobiálními toxiny. U této otázky už většina respondentů měla problémy. Téměř polovina respondentů, 49,1 % vybralo nesprávnou možnost, že kontaminace potravin mikrobiálními toxiny hrozí při jejich nedostatečné tepelné úpravě. Správnou možnost, že kontaminace potravin mikrobiálními toxiny hrozí především ve vlhkém a teplém prostředí, označilo pouze 44 respondentů ze 114 (38,6 %). Dalších 7 % respondentů označilo, že kontaminace hrozí při teplotách nad 75 °C a dalších 5,3 %, že při teplotách do 4 °C.

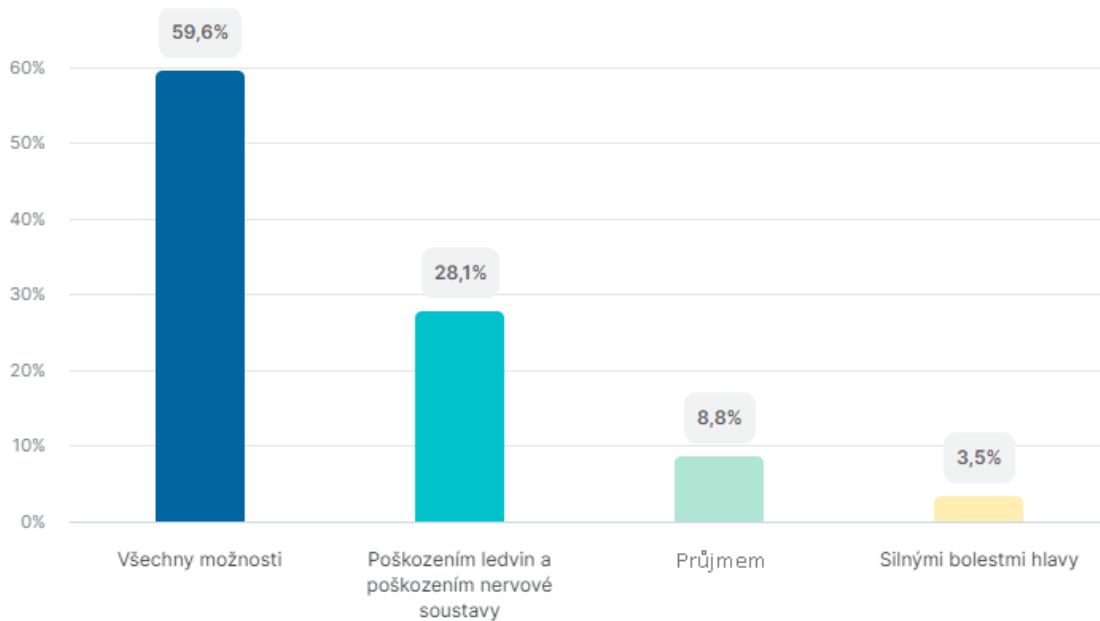


**Obrázek č. 18:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 13

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 14:**

Otázka číslo 14 se dotazovala oslovených adresátů, jakými nejčastějšími příznaky se projevu chronická otrava rtutí. Většina, 68 ze 114 respondentů (59,6 %) vybrala nesprávnou možnost, že všechny možnosti jsou správné. Pouze 32 respondentů (28,1 %) označilo správnou možnost, že chronická expozice rtutí se často projevuje poškozením ledvin a nervové soustavy. Dalších 8,8 % respondentů označilo, že se chronická expozice rtutí projevuje průjemem a zbylých 3,5 % označilo silné bolesti hlavy.

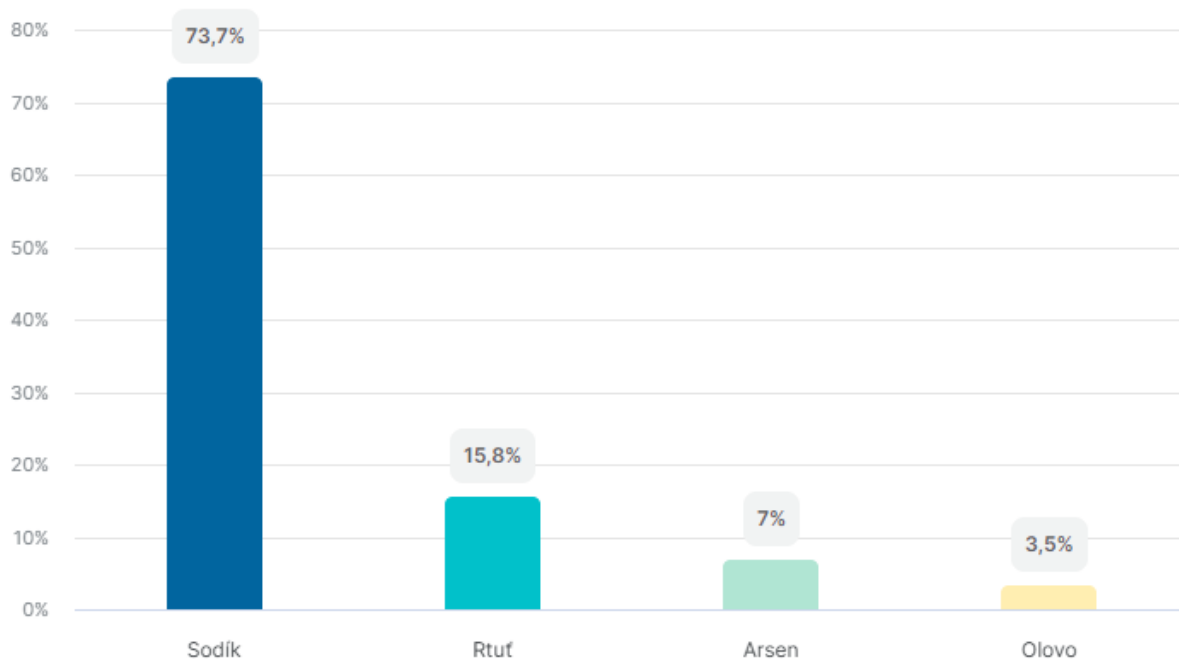


**Obrázek č. 19:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 14

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 15:**

V otázce číslo 15 měli respondenti vybrat kov, který nepatří mezi těžké kovy. 84 respondentů (73,7 %) vybralo správně, že se jedná o sodík, dalších 18 (15,8 %) označilo rtuť. 7 % adresátů označilo arsen a zbylých 3,5 % olovo.

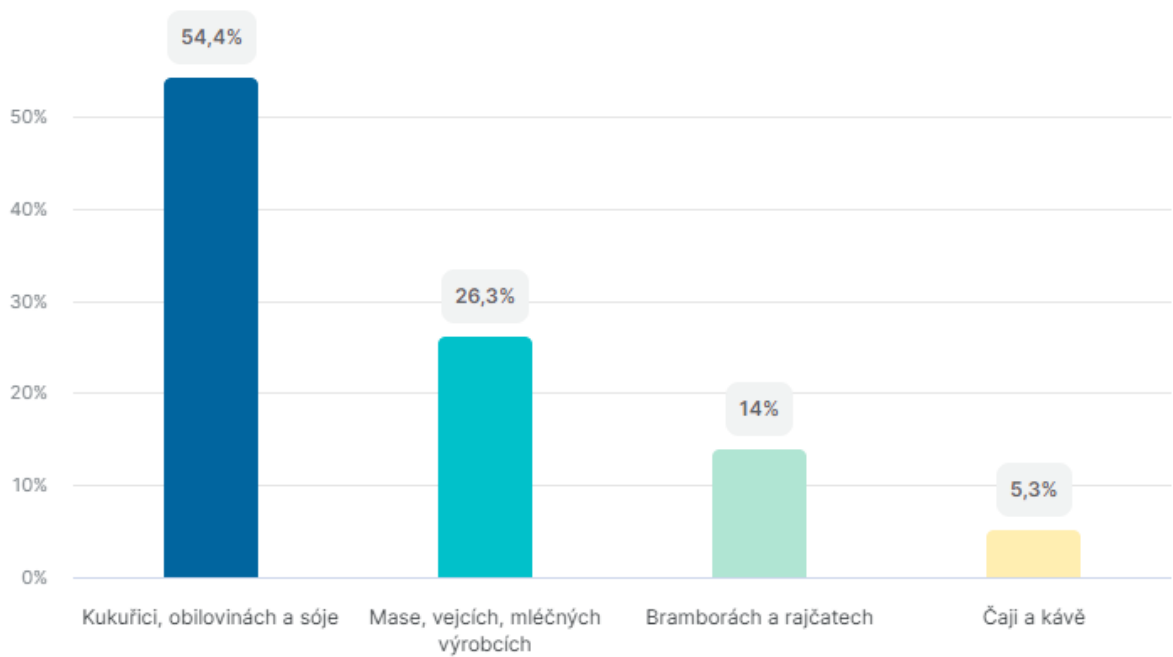


**Obrázek č. 20:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 15

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 16:**

Otázka číslo 16 se dotazovala respondentů, zda mají povědomí o tom, v jakých potravinách a plodinách se nejčastěji mohou vyskytovat mykotoxiny. 62 respondentů (54,4 %) označilo správnou odpověď, že nejčastěji se mykotoxiny mohou vyskytovat v potravinách a plodinách, jako je kukuřice, obiloviny a sója. 30 respondentů (26,3 %) označilo možnost, že se nejčastěji mohou vyskytovat v mase, ve vejcích a v mléčných výrobcích. 14 % dotázaných označilo brambory a rajčata a 5,3 % označilo čaj a kávu.

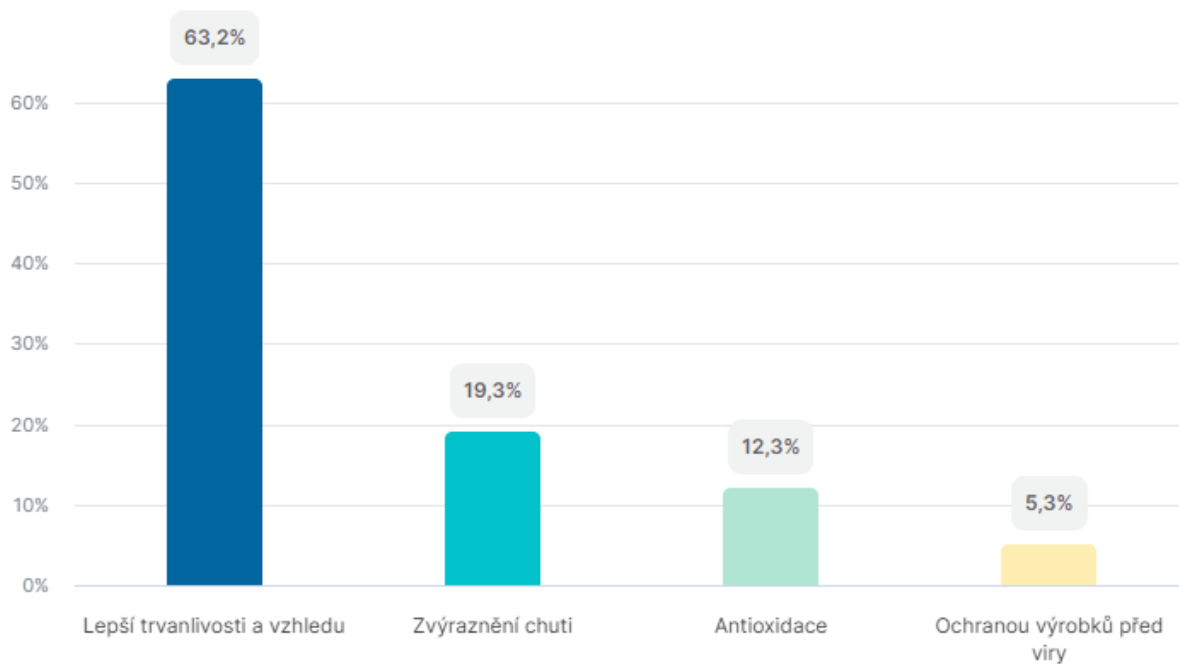


**Obrázek č. 21:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 16

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 17:**

Otázka číslo 17 se dotazovala respondentů, zda vědí, z jakého důvodu se především do zpracovaného masa přidávají dusitany. 72 respondentů (63,2 %) správně označilo možnost, že dusitany se přidávají do zpracovaného masa z důvodu prodloužení trvanlivosti a lepšího vzhledu. Dalších 22 respondentů (19,3 %) označilo možnost zvýraznění chuti, 12,3 % respondentů zvolilo, že se přidávají z důvodu antioxidační ochrany a 5,3 % dotazovaných zvolilo, že se přidávají z důvodu ochrany výrobků před viry.

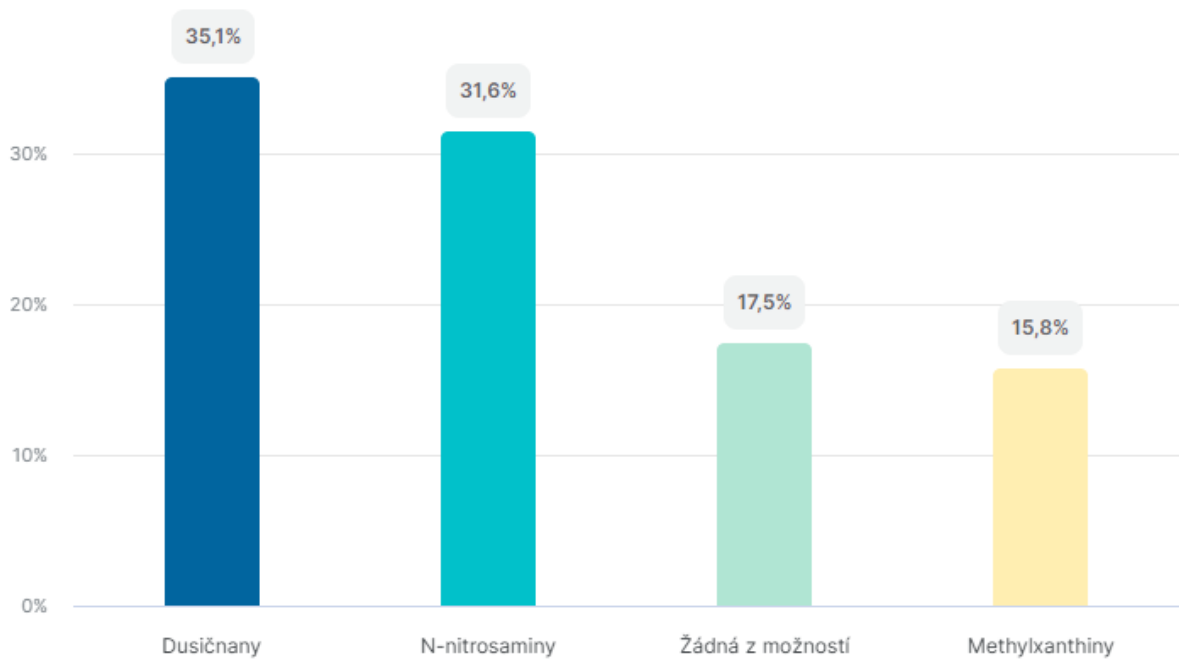


**Obrázek č. 22:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 17

**Zdroj:** Vlastní výzkum

#### **Otázka č. 18:**

Otázka číslo 18 se dotazovala respondentů na karcinogenní látky, které se mohou tvořit během zpracování uzenin, konzervovaného masa a ryb. 40 dotazovaných (35,1 %) zvolilo nesprávnou možnost, že karcinogenní látky, které se mohou tvořit během zpracování uzenin, jsou dusičnany. 36 dotazovaných (31,6 %) zvolilo správnou možnost, že zde mohou vznikat N-nitrosaminy. Dalších 17,5 % označilo odpověď, že se nejedná o žádnou z uvedených látek a 15,8 % respondentů označilo methylxanthiny.



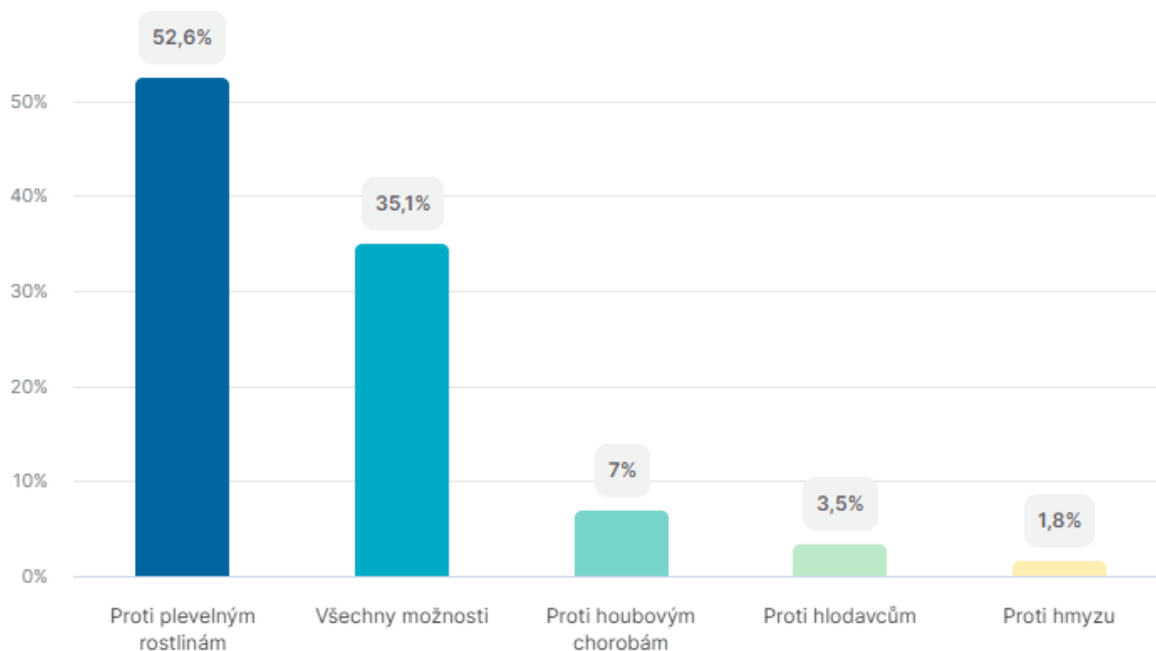
**Obrázek č. 23:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 18

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 19:**

Otázka číslo 19 zkoumá, zda adresáti mají povědomí o tom, k jakým všem účelům se používají pesticidy. 59 respondentů označilo nesprávnou možnost, že pesticidy se používají pouze proti plevelným rostlinám. 41 (35,1) respondentů označilo správnou odpověď, že všechny možnosti jsou správné. Dalších 8 respondentů (7 %) označilo, že se používají jen proti houbovým chorobám, 4 osoby (3,5 %) označily, že se používají proti hlodavcům a 2 osoby (1,8 %), že se používají proti hmyzu.



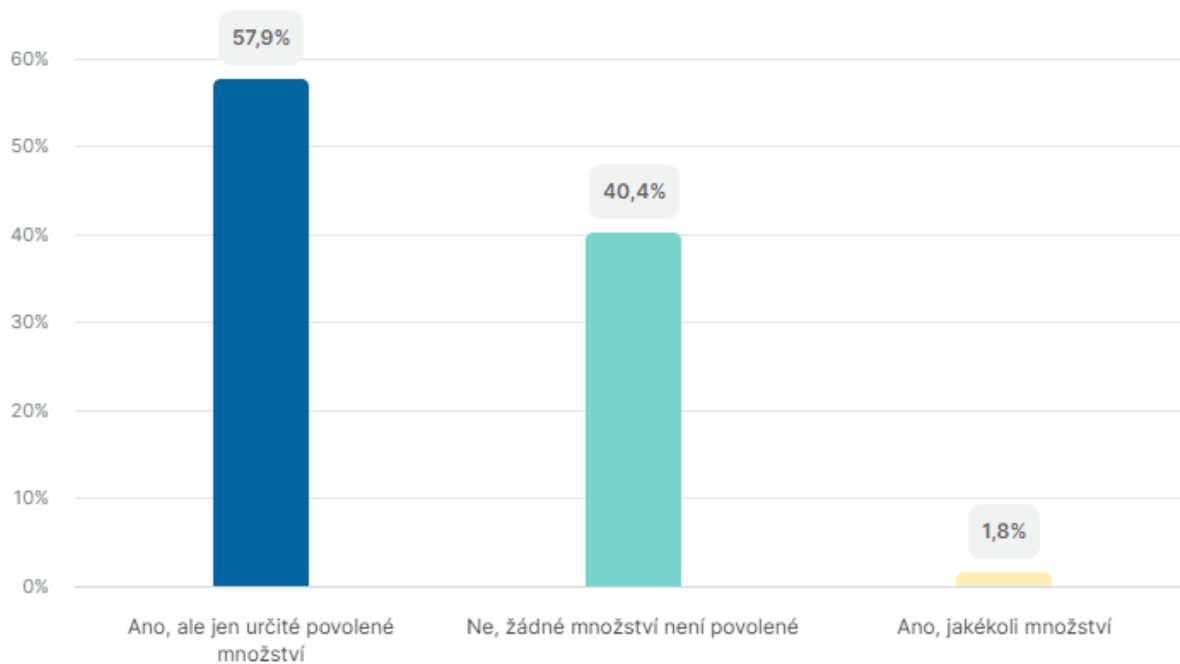


**Obrázek č. 24:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 19

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 20:**

Otázka číslo 20 se dotazovala respondentů, zda se mohou v plodinách určených pro spotřebitele nacházet zbytky pesticidů. 66 dotazovaných respondentů (57,9 %) odpovědělo správně, že se v plodinách mohou nacházet zbytky pesticidů, ale jen určité povolené množství. Dalších 46 respondentů (40,4) zvolilo nesprávnou možnost, že žádné množství není přípustné. Zbýlých 1,8 % označilo odpověď, že jakékoli množství je přípustné.

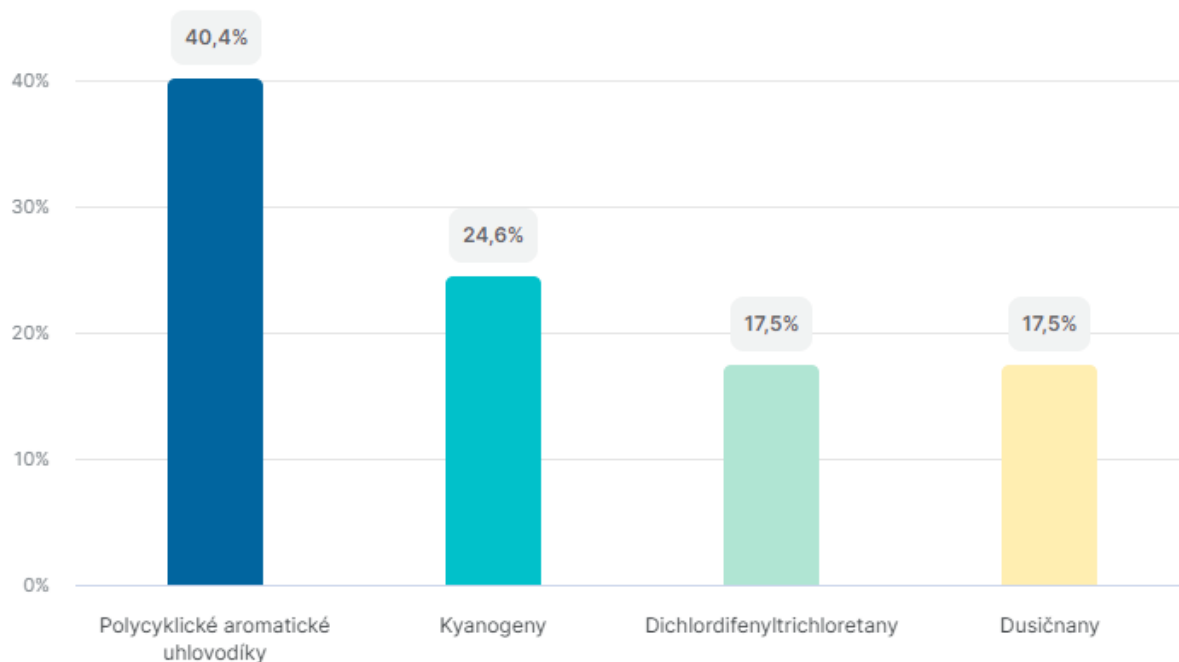


**Obrázek č. 25:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 20

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Otázka č. 21:**

Poslední otázka dotazníku se dotazovala na karcinogenní látky, které se mohou tvořit během grilování a uzení masa. 46 respondentů (40,4 %) zvolilo správnou možnost, že se jedná o polycyklické aromatické uhlovodíky. Dalších 28 zvolilo nesprávně, že se jedná o kyanogeny. Dalších 17,5 % dotazovaných označilo nesprávně dichlordifenyiltrichloretany a shodně 17,5 % označilo také dusičnany.



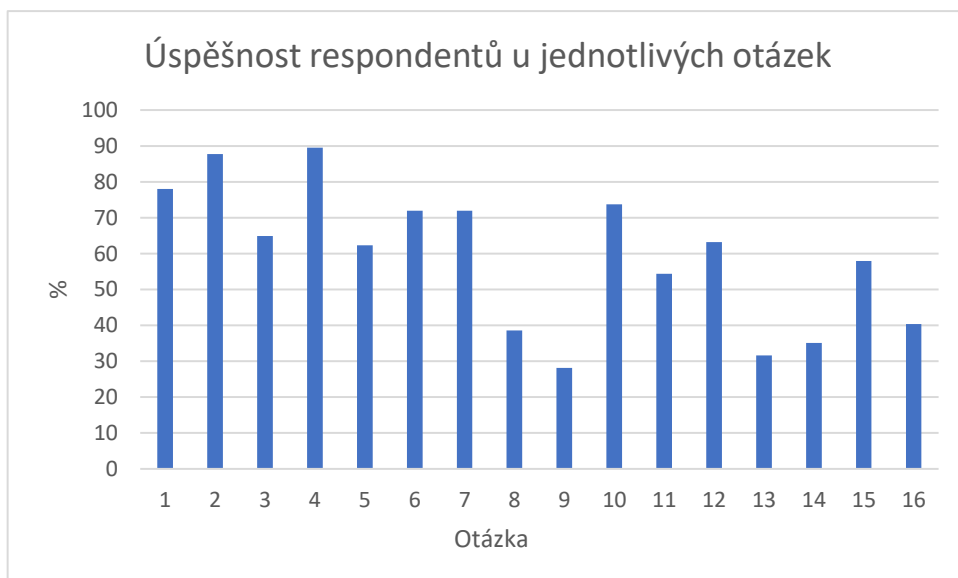
**Obrázek č. 26:** Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 21

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Popisná statistika:**

- a) **Aritmetický průměr** – jedná se o součet všech hodnot, vydělený jejich počtem.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$



**Obrázek č. 27:** Graf úspěšnosti všech respondentů u jednotlivých otázek

**Zdroj:** Vlastní výzkum

**Aritmetický průměr všech respondentů výzkumného šetření: 59,3 %**

- b) **Medián** – zjednodušeně řečeno dělí výsledky tak, že polovina hodnot je vyšší, než medián a polovina hodnot je vyšší než medián. V tomto případě se jedná o prostřední číslo ze všech úspěšných respondentů u všech otázek.

Nejmenší hodnota úspěšných respondentů: 32 ze 114

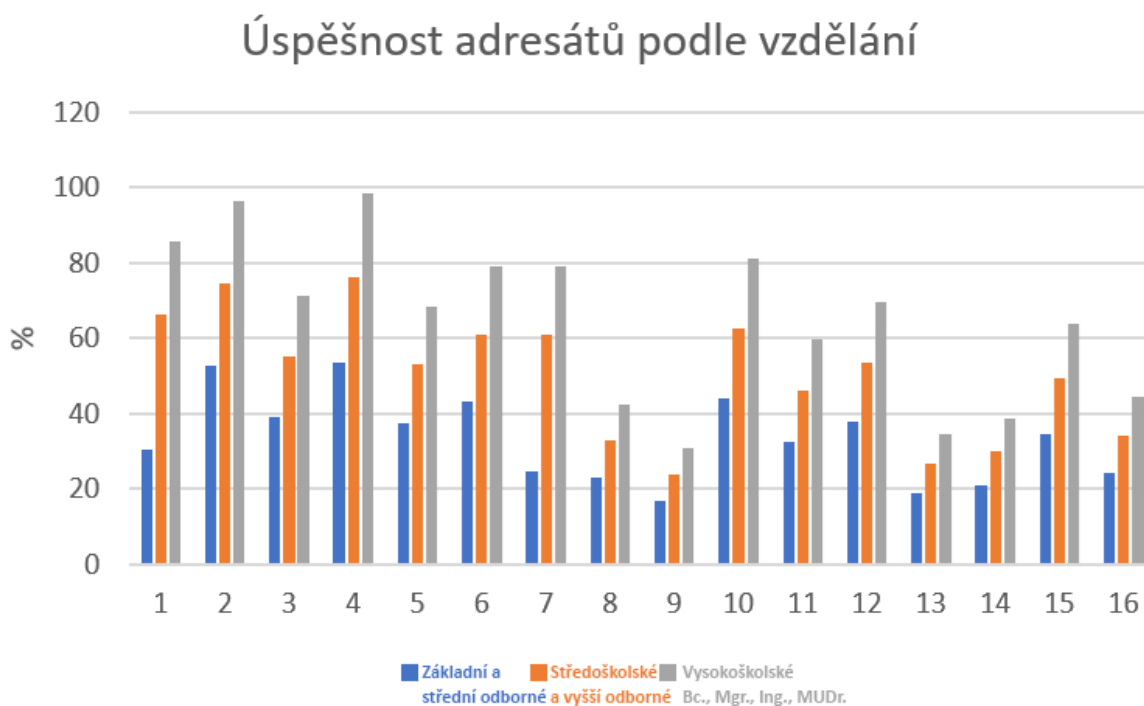
Nejvyšší hodnota úspěšných respondentů: 102 ze 114

**Medián = 71,5**

- c) **Modus** – jedná se o nejčastěji se vyskytující číslo ve skupině čísel. Nejčastější počet úspěšných respondentů u všech otázek:

**Modus = 82**

**Vynesení úspěšnosti respondentů u všech otázek v % podle jejich vzdělání:**



**Obrázek č. 28:** Graf úspěšnosti adresátů podle vzdělání

**Zdroj:** Vlastní výzkum

## 5. Diskuze

Ve vazbě na splnění cíle 1 byla provedena analýza současného stavu oblasti toxických látek v potravinách a veřejného zdraví. Ve vazbě na splnění cíle 2 byly definovány účinky toxických látek na organismus. Na základě současného stavu a ve vazbě na oba cíle byly definovány a popsány následující úrovně:

- a) Definice vědního oboru toxikologie, jeho historický původ a seznámení se základními toxikologickými pojmy, parametry a zkratkami.
- b) Faktory ovlivňující toxicitu látek, absorpce, distribuce, vliv metabolismu a exkrece.
- c) Účinky toxických látek na organismus.
- d) Ochrana veřejného zdraví a příslušná legislativa
- e) Toxické látky přírodního původu
- f) Cizorodé toxické látky

Cíl 1 byl tedy splněn analýzou současného stavu v oblasti toxických látek v potravinách, popsáním jednotlivých druhů toxických látek, kde se nejčastěji vyskytují a jejich vliv na veřejné zdraví. Cíl 2 byl splněn popsáním účinků toxických látek na lidský organismus.

Na základě vytvořených cílů 1 a 2 byla položena výzkumná otázka 1, která zkoumala, zda se běžná populace orientuje v oblasti toxických látek v potravinách a veřejném zdraví. Druhá výzkumná otázka se zabývala konkrétněji, zda se znalosti respondentů liší na základě jejich vzdělání. Praktická část byla plněna pomocí kvantitativního výzkumu, který byl prováděn prostřednictvím dotazníkového šetření. Na základě zjištěných informací v teoretické části byl vytvořen dotazník, který zkoumal povědomí adresátů o oblasti toxických látek v potravinách a jejich vlivu na veřejné zdraví. Cílová skupina byla tvořena širokou veřejností.

Výzkumného šetření se zúčastnilo celkem 114 respondentů, konkrétně 63 žen a 51 mužů. Dotazník vyplnilo nejvíce lidí se středoškolským vzděláním (35,1 %). Následuje vysokoškolské bakalářské (19,3 %) a shodně vysokoškolské – Mgr., Ing. a MUDr. (19,3 %). Dále je vyšší odborné vzdělání (12,3 %) a střední odborné (10,5 %). Nejméně

respondentů bylo se základním vzděláním (3,5 %). Nejvíce respondentů (23,3 %) se nacházelo ve věkové kategorii mezi 26 a 35 lety. Následovala věková kategorie 18-25 let, kde se nachází 22,8 % a v kategorii 36-45 let se nachází 21,1 %. Nejméně lidí bylo z kategorie 66 let a více, tu tvořilo 5,3 % z celkového počtu respondentů.

Dotazník se také v netestujících otázkách dotazoval adresátů, zda se věnují nějaké sportovní aktivitě. 26,3 % adresátů uvedlo, že se věnují sportovní aktivitě jednou až dvakrát do týdne, shodně 26,3 % dále uvedlo, že sportují jen příležitostně. 24,6 % sportuje jen výjimečně. Několikrát do týdne sportuje 15,8 % a 7 % oslovených adresátů nesportuje vůbec. Většina všech respondentů (71,9 %) v dotazníku také odpověděla, že si vybírají potraviny podle jejich složení pouze občas, 15,8 % dotázaných odpovědělo vždy a 12,3 % respondentů to neřeší vůbec.

První testující otázka v dotazníku, která zkoumala povědomí respondentů o oblasti toxických látek v potravinách a veřejném zdraví, byla otázka č. 6, která zkoumala, zda vůbec respondenti vědí, co znamená pojem toxická látka. Většina respondentů vybrala správnou odpověď, že jde o látku, která působí nepříznivě na zdraví, může vést k poškození zdraví, případně až ke smrti. Nemusí se tedy jednat jen o látku produkovanou živými organismy, a naopak se nemusí jednat jen o látku cizorodou, která nemá biologický původ. Záleží i na koncentraci, ovšem toxická látka může být i s vyšší koncentrací.

Sedmá otázka zkoumala povědomí adresátů, zda vědí, jakými cestami se do těla mohou dostat toxické látky. Většina respondentů (87,7 %) zde odpověděla správně, že to může být jak ústy (perorálně), tak i vdechnutím (inhalačně), případně přes kůži (transdermálně). Otázka č. 8 se dotazovala na faktory, které mohou ovlivnit účinky toxických látek. 74 respondentů (64,9 %) vybralo správně, že všechny možnosti jsou správné. Účinek toxických látek je totiž závislý na několika faktorech, v první řadě na druhu látky, která se dostane do organismu, dále na velikosti dávky, koncentraci, fyzikálně chemických vlastnostech a v poslední řadě na vnímavosti jedince.

Otázka číslo 9 se dotazovala na to, co může způsobit látka, která má karcinogenní účinek. 102 respondentů (89,5 %) odpovědělo zcela správně, že se jedná o látku, která může způsobit rakovinu. Otázka číslo 10 se dotazovala respondentů, zda vědí, co znamená teratogenní účinek toxické látky. 71 respondentů (62,3 %) vybralo správně, že

teratogenní látka je schopna poškodit plod v těle matky. Toxické látky, které mají teratogenní účinek jsou totiž schopné poškozovat plod v těle matky a poškození plodu může být v dávkách, které pro matku nemusí být toxické. Společnou vlastností těchto látek je schopnost překonat placentární bariéru.

Otázka číslo 11 zkoumala, zda adresáti mají povědomí o tom, jak se v těle chová antinutriční látka. 82 respondentů (71,9 %) odpovědělo správně, že se jedná o látku, která snižuje využitelnost dalších látek. Jedná se totiž o látky, které snižují využitelnost látek, které jsou nezbytné pro organismy. Otázka číslo 12 se ptala na to, v jakých plodinách se můžeme setkat s vysokým obsahem alkaloidů. 82 respondentů (71,9 %) vybralo správně, že vysoký obsah alkaloidů se může nacházet v nezralých rajčatech a bramborách. V rajčatech se například vyskytuje alkaloid  $\alpha$ -tomatin. Ten je obsažen v celé rostlině, jen ve zralém plodu je jeho množství velmi malé, protože se zráním plodů jeho obsah klesá, a proto jsou zralá rajčata brána za požitelná a bezpečná. Brambory obsahují mnoho glykoalkaloidů, mezi ty nejvýznamnější patří solanin a chaconin. Obsah alkaloidů je závislý na odrůdě, zralosti, okolních podmínkách a stresu. Pokud jsou brambory vystaveny nepříznivým podmínkám, jejich množství může stoupat. Pokud jsou hlízy zelené, je v nich větší množství alkaloidů, jelikož podmínky vedoucí k utváření chlorofylu, což označuje zelená barva, vedou také k tvorbě alkaloidů.

Otázka číslo 13 se dotazovala respondentů, zda mají povědomí o tom, za jakých podmínek hrozí kontaminace potravin mikrobiálními toxiny. U této otázky už většina respondentů měla problémy. Téměř polovina respondentů, 49,1 % vybrala nesprávnou možnost, že kontaminace potravin mikrobiálními toxiny hrozí při jejich nedostatečné tepelné úpravě. Správnou možnost, že kontaminace potravin mikrobiálními toxiny hrozí především ve vlhkém a teplém prostředí, označilo pouze 44 respondentů ze 114 (38,6 %). Tepelná úprava sice může bakterie zabít, ale jídlo zůstává kontaminované toxiny stále. Jediným zaručeným způsobem ochrany před otravou je kontrola podmínek, za kterých se manipuluje s vysoce rizikovými potravinami, jako je maso, drůbež, mořské plody a mléčné výrobky. Jako všechny bakterie, i bakterie produkující toxiny potřebují k životu určité věci, jako jsou živiny a vlhkost. Dále se jim daří v teplotní zóně 4 °C – 60 °C a pokud mají dostatečné množství času na množení.

Otázka číslo 14 se dotazovala oslovených adresátů, jakými nejčastějšími příznaky se projevuje chronická otrava rtutí. Většina, 68 ze 114 respondentů (59,6 %), vybrala nesprávnou možnost, že všechny možnosti jsou správné. Pouze 32 respondentů (28,1 %) označilo správnou možnost, že chronická expozice rtutí se často projevuje poškozením ledvin a nervové soustavy, což jsou některé z typických příznaků chronické otravy těžkými kovy. Průjem a bolesti břicha jsou typické pro akutní otravy. V otázce číslo 15 měli respondenti vybrat kov, který nepatří mezi těžké kovy. 84 respondentů (73,7 %) vybralo správně, že se jedná o sodík.

Otázka číslo 16 se dotazovala respondentů, zda mají povědomí o tom, v jakých potravinách a plodinách se nejčastěji mohou vyskytovat mykotoxiny. 62 respondentů (54,4 %) označilo správnou odpověď, že nejčastěji se mykotoxiny mohou vyskytovat v potravinách a plodinách, jako je kukuřice, obiloviny a sója. Mykotoxiny se totiž nejčastěji mohou hromadit ve zrající kukuřici, obilovinách, sóje, čiroku, arašídech a dalších potravinářských a krmných plodinách na poli, nebo během přepravy. Otázka číslo 17 se dotazovala respondentů, zda vědí, z jakého důvodu se hlavně do zpracovaného masa přidávají dusitany. 72 respondentů (63,2 %) správně označilo možnost, že dusitany se přidávají do zpracovaného masa z důvodu prodloužení jeho trvanlivosti a lepšího vzhledu. Výrobci masa přidávají do svých produktů dusitany, aby je konzervovali. Jsou důvodem, proč je uzené maso růžové nebo červené. V mase se dusitany mění na oxid dusnatý, ten reaguje s bílkovinami v mase, mění jeho barvu a pomáhá ho konzervovat. Bez dusitanů a dalších přísad by maso rychle zhnědlo.

Otázka číslo 18 se dotazovala respondentů na karcinogenní látky, které se mohou tvořit během zpracování uzenin, konzervovaného masa a ryb. 40 dotazovaných (35,1 %) zvolilo nesprávnou možnost, že karcinogenní látky, které se mohou tvořit během zpracování uzenin, jsou dusičnany. 36 dotazovaných (31,6 %) zvolilo správnou možnost, že zde mohou vznikat N-nitrosaminy. Dusičnany a dusitany ve stravě mohou být dokonce prospěšné, jelikož se mohou změnit na oxid dusnatý, který rozšiřuje krevní cévy a snižuje krevní tlak. Ovšem za určitých podmínek se mohou stát nebezpečnými. Pokud se vaří při vysokých teplotách, mohou se tvořit N-nitrosaminy. Řada z nich je silně karcinogenní.



Otázka číslo 19 zkoumá, zda adresáti mají povědomí o tom, k jakým všem účelům se používají pesticidy. 59 respondentů označilo nesprávnou možnost, že pesticidy se používají pouze proti plevelným rostlinám. 41 (35,1) respondentů označilo správnou odpověď, že všechny možnosti jsou správné. Využití pesticidů je totiž velmi široké a rozšířené. Pesticidní přípravky můžeme dělit podle cílové skupiny a způsobu aplikace na:

- a) Herbicidy – proti plevelným rostlinám, způsoby aplikace jsou zde aplikací na list, systémové nebo translokovatelné, kontaktní a aplikovatelné do půdy.
- b) Fungicidy – proti houbovým chorobám. Jsou ochranné – nesystémové a kurativní – systémové.
- c) Insekticidy – proti hmyzu. Jsou systémové a nesystémové.
- d) Akaricidy – proti roztočům.
- e) Nematocidy – proti háďátkům.
- f) Molluskocidy – proti měkkýšům vodním i suchozemským.
- g) Rodenticidy – proti hlodavcům.

Otázka číslo 20 se dotazovala respondentů, zda se mohou v plodinách určených pro spotřebitele nacházet zbytky pesticidů. Většina dotazovaných respondentů (57,9 %) odpověděla správně, že se v plodinách mohou nacházet zbytky pesticidů, ale jen určité povolené množství. Lidé mohou konzumovat zbytky pesticidů v potravinách, ovšem například EPA stanovila úroveň obsahu pesticidů v potravinách, které by neměly být nebezpečné pro spotřebitele. Pokud potravinářský produkt obsahuje nebezpečnou hladinu pesticidů, kontrolní orgány jej mohou stáhnout z prodeje.

Poslední otázka dotazníku se dotazovala na karcinogenní látky, které se mohou tvořit během grilování a uzení masa. 46 respondentů (40,4 %) zvolilo správnou možnost, že se jedná o polycyklické aromatické uhlovodíky. Tyto látky mohou vznikat při silném ohřevu a během spalování organických sloučenin za omezeného přístupu kyslíku, při teplotách od 500 až 900 °C. Řada polycyklických aromatických uhlovodíků patří mezi lidské karcinogeny. PAU mohou vznikat i během grilování na otevřeném, kouřícím ohni, i na dřevěném uhlí, spalováním odkapávajícího tuku. Látky, které nese kouř, se srážejí a ulpívají na grilovaných potravinách.

Celková úspěšnost dotazníku byla 59,3 % (viz str. 76). Pokud bychom se řídili známkováním na vysoké škole, kde znamená:

- a) 90–100 % - Výborně
- b) 75–89 % - Velmi dobře
- c) 60–74 % - Dobře
- d) 0–59 % - Nedostatečně

To znamená, že po vypočtení aritmetického průměru všech respondentů výzkumného šetření (59,3 %), se respondenti nachází v kategorii nedostatečně. Ovšem jen velmi těsně, řádově o desetinná místa. Tím bylo odpovězeno na hlavní výzkumnou otázku, zda se běžná populace orientuje v oblasti toxických látek v potravinách a veřejného zdraví. Veřejnost se tedy příliš neorientuje v oblasti toxických látek v potravinách a veřejného zdraví.

Znalosti adresátů se ovšem lišily podle dosaženého vzdělání (Obr. 28). Vysokoškolské kategorie respondentů měly o něco lepší výsledky (průměr 77,22 %) než středoškolsky vzdělaní respondenti (průměr 65,34 %) a výrazně lepší výsledky než respondenti se základním a středním odborným vzděláním (průměr 35,64 %). To byl samozřejmě předpoklad výzkumného šetření, že více vzdělaní respondenti budou ve znalostním testu úspěšnější.

Otázkou zůstává, jak zlepšit současné povědomí celé společnosti o toxických látkách v potravinách. Nikdo snad nechceme, aby musely být například na uzeninách a dalším zpracovaném mase obrázky lidí s rakovinou a dalšími civilizačními chorobami, které jsou spojené s častou konzumací takovýchto výrobků, jako je tomu například u tabákových výrobků. Možným řešením může být například lepší edukace společnosti v oblasti toxických látek a veřejného zdraví, například zařazením předmětu věnujícího se zdravé výživě do povinných osnov základních škol.

## 6. Závěr

Práce přinesla komplexní pohled do problematiky toxických látek v potravinách a jejich vlivu na veřejné zdraví. Jsou zde přehledně popsány základní toxikologické pojmy a je také přiblížen historický vývoj vzniku toxikologie, jako samostatného vědního oboru. Následně byly ve vazbě na Cíl 1 popsány druhy toxických látek a jejich nejčastější výskyt. Dále jejich vliv na veřejné zdraví. Také byl ve vazbě na Cíl 2 popsán mechanismus účinku toxických látek.

Výzkumné otázky se věnovaly povědomí běžné populace o oblasti toxických látek v potravinách a veřejném zdraví. Prostřednictvím kvantitativního výzkumu bylo provedeno dotazníkové šetření, kdy výzkumný soubor tvořilo 114 respondentů z řad běžné populace. Bylo zjištěno, že znalosti adresátů dotazníkového šetření se nacházejí těsně pod přípustnou hranicí. Na základě výzkumného šetření bylo tedy zjištěno, že se veřejnost příliš neorientuje v oblasti toxických látek v potravinách a veřejného zdraví. Znalosti respondentů se však lišily podle dosaženého vzdělání, kdy středoškolsky a vysokoškolsky vzdělaní respondenti v průměru obstáli ve znalostním testu.

Možným řešením je lepší edukace společnosti. Začít by se mohlo již u dětí na základní škole, aby se naučily lépe orientovat ve výživě a znaly všechna potencionální rizika spojená s toxickými látkami, které se mohou vyskytovat v potravinách. Další možností je informovat veřejnost o dané problematice populárnější formou, například prostřednictvím pořadů ve veřejnoprávních médiích.

Špatná výživa a k tomu nedostatek pohybu jsou rizikovými faktory snad veškerých civilizačních onemocnění. Bohužel většina naší společnosti nemá příliš velké povědomí o tom, jak se vhodně stravovat, aby obsah našich jídelníčků netvořily především různé průmyslově zpracované potraviny a podobně. Naopak bychom se měli více snažit o to, aby většinu našeho jídelníčku tvořily zdroje kvalitních bílkovin, komplexních sacharidů a zdravých tuků. Dále bychom do našeho jídelníčku měli zařadit více ovoce a zeleniny z biozemědělství, kde je použití chemikálií vyloučeno, ovšem zde spotřebitelé musí počítat s vyšší cenou těchto produktů. To vše by samozřejmě mělo být v kombinaci s dostatečným pohybem a kvalitním spánkem.

Potraviny, které pro nás mohou znamenat určitá zdravotní rizika, na nás číhají téměř na každém kroku. Jestli je to riziko malé nebo velké, na tom se nemohou shodnout ani někteří odborníci. Stát se pomocí příslušné legislativy snaží největším rizikům předejít. Osobně jsem toho názoru, že každému stačí chovat se racionálně, a to neplatí jen o toxických látkách v potravinách, ale o každé oblasti našeho života. Je potřeba si uvědomit, že pokud máme zdravý a vyvážený jídelníček, kde převažují kvalitní zdroje živin, dále máme dostatek pohybu, netrpíme nadváhou, tak se určitě nemusíme bát, že pokud si například jednou za čas dáme někde ve stánku párek v rohlíku, že z toho hned dostaneme rakovinu. Na druhou stranu, pokud někdo konzumuje pravidelně nezdravé, průmyslově zpracované potraviny, ještě k tomu například kouří, celkově má rizikový životní styl, tak pak ovšem také nemůže očekávat, že bude zdravý a štíhlý. Je potřeba přistupovat s rozumem ke zdraví i ke stravě.

## 7. Seznam literatury

1. ALSHANNAQ, A., YU, JH. 2017. *Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food*. Int J Environ Res Public Health. Jun 13;14(6):632. DOI: 10.3390/ijerph14060632.
2. BABIČKA, L. 2017. *Toxicky významné látky v potravinách*. Praha. Potravinářská komora České republiky. 1. vydání. ISBN: 978-80-88019-28-2.
3. BABIČKA, L. 2012. *Přidatné látky v potravinách*. Praha. Potravinářská komora České republiky. 1. vydání. ISBN: 978-80-905096-3-4.
4. BARILE, F. 2019. *Bariles Clinical Toxicology: Principles and Mechanisms*. 3. vydání. ISBN: 978-1-4987-6530-5.
5. Bezpečnost potravin A-Z. Bezpečnost potravin v ČR. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz*. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/bezpecnost-potravin-v-cr.aspx>.
6. Bezpečnost potravin A-Z. EFSA. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz*. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/efsa.aspx>.
7. Bezpečnost potravin A-Z. Kyanogeny. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz*. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92056.aspx>.
8. Bezpečnost potravin A-Z. Mykotoxiny. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz*. [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76672.aspx>.
9. Bezpečnost potravin A-Z. Nežádoucí reakce na potravinářské přídatné látky. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz* [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: [https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/prilohy/Nezadouci\\_reakce\\_na\\_PP L.pdf](https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/prilohy/Nezadouci_reakce_na_PP_L.pdf)
10. Bezpečnost potravin A-Z. Polycyklické aromatické uhlovodíky. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz*. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76519.aspx>.
11. Bezpečnost potravin A-Z. Trísloviny. [online]. *Bezpecnostpotravin.cz*. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92418.aspx>.

12. CARVALHO, F. 2017. *Pesticides, environment, and food safety*. Food and Energy Security 2017; 6(2): 48–60 DOI: 10.1002/fes3.108.
13. COLLIN Crew. 2010. *The determination of N- nitrosamines in food*. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. 2. 2–12. DOI:10.1111/j.1757-837X.2010.00049.x.
14. DOHNAL, V. *Toxikologie potravin*. [online]. Ústí nad labem. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: [https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Toxikologie\\_potravin.pdf](https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Toxikologie_potravin.pdf).
15. DOLAN, L., MATULKA, R., BURDOCK, G., 2010. Naturally Occuring Food Toxins. *Toxins*. 2289-2332; DOI: 10.3390/toxins2092289. ISSN: 2072-6651.
16. DOOGUE, M., POLASEK, T. 2013. *The ABCD of clinical pharmacokinetics*. Therapeutic Advances in Drug Safety. 4. 5-7. DOI: 10.1177/2042098612469335.
17. EFSA. Mycotoxins. [online]. [efsa.europa.eu](https://www.efsa.europa.eu). [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/mycotoxins>Foodsafety.ca.
18. FDA – U.S. Food & Drug Administration. FDA History. [online]. [Fda.gov](https://www.fda.gov). [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/about-fda/fda-history>.
19. FDA – U.S. Food & Drug Administration. Lead in Food, Foodwares, and Dietary Supplements. [online]. [Fda.gov](https://www.fda.gov). [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/food/metals-and-your-food/lead-food-foodwares-and-dietary-supplements>.
20. Foodnet – informační systém PK ČR. 2022. Pesticidy v potravinách: Úřad EFSA zveřejnil souhrnnou zprávu. [online]. [Foodnet.cz](https://www.foodnet.cz). 8. 4. 2022. [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.foodnet.cz/index.php/cs/aktuality/3646-pesticidy-v-potravinach-urad-efsa-zverejnil-souhrnnou-zpravu>.
21. GORZKIEWICZ, J., BARTOSZ, G., SADOWSKA-BARTOSZ, I., 2021. The Potential Effects of Phytoestrogens: The Role in Neuroprotection. *Molecules*. 26(10), 2954; DOI: 10.3390/molecules26102954.
22. GROSS, L., BIRNBAUM, L. 2017. Regulating toxic chemicals for public and enviromenal health. *PLoS Biol.* Published online. Dec 18. DOI: 10.1371/journal.pbio.2004814.

23. GUNNARS, K. 2020. Are Nitrates and Nitrites in Foods Harmful? [online]. *Heathline.com*. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/are-nitrates-and-nitrites-harmful>.
24. HAVEL, M., VÁLEK, P. 2010. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs). [online]. *Arnika.org*. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>.
25. HAVLENOVÁ, V., 2012. *Toxické látky v potravinách*. Diplomová práce. Brno. Masarykova Univerzita. Pedagogická fakulta.
26. HUGHES, W. 1996. *Essentials of environmental toxicology*. Taylor & Francis e-Library. ISBN: 0-203-36279-9.
27. KADLECOVÁ, H., 2019. *Toxické látky v potravinách a jejich vliv na zdraví*. Bakalářská práce. České Budějovice. JU – ZSF.
28. KLAASSEN, C. 2008. *Toxicology: The Basic Science of Poisons*. 7. vydání. ISBN: 9780071470513.
29. KLUSOŇ, P. 2014. *Toxikologie*. Ústí nad Labem. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. ISBN: 978-80-7414-811-8.
30. KOLSKÁ, Z. 2007. *Toxikologie*. Ústí nad Labem. Studijní opora. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Přírodovědecká fakulta.
31. KRYSŤYŇÍK, P., *Úvod do toxikologie*. Studijní opora. Ústí nad Labem. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Přírodovědecká fakulta.
32. KUČEROVÁ, K. 2016. *Chemická konzervace a její vliv na lidský organismus*. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta.
33. KUIVENHOVEN, M., MASON, K. 2021. Arsenic toxicity. [online] *StatPearls*. 20. 7. 2021. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541125/>.
34. KUMAR, A., KUMAR, A., M.M.S., C., CHATURVEDI, A., SHABNAM, A., SUBRAHMANYAM, G., et al. Lead toxicity:
35. MARENKO, K. 2020. Are pesticides in food harmful? [online]. <https://www.medicalnewstoday.com/>. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/327414>.
36. MERTA, L., 2014. *Chemická bezpečnost potravin*. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta.

37. MIYAKE, K., TANAKA, T., MCNEIL, P., 2007. Lectin-Based Food Poisoning: A New Mechanism of Protein Toxicity. *PLoS One*. 2(8): e687. Published online. Aug 1. DOI: 10.1371/journal.pone.0000687.
38. MODRÁ, H., SVOBODOVÁ, Z., ŠIROKÁ, Z., BLAHOVÁ, J. 2014. *Toxikologie potravin – vybrané kapitoly*. Brno. Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Ústav veřejného veterinářství, ochrany zvířat a welfare.
39. PATOČKA, J. 2007. *Toxikologie I.: Obecná toxikologie*. České Budějovice. JČU – ZSF.
40. PETRLÍK, J., VÁLEK, P. 2010. Rtuť. [online]. *Arnika*. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/mercury>.
41. POHANKA, M., 2013. *Přehled toxikologie*. Hradec Králové. Univerzita obrany. ISBN: 978-80-7231-353-2
42. PROKEŠ, J. 2005. *Úvod do toxikologie*. Praha. Skripta 1. LF – UK.
43. PUSSA, T. 2014. *Principles of Food Toxicology*. 2. vydání. ISBN: 978-1-4665-0411-0.
44. REPEŠ, K., VÁLEK, P. 2010. Dichlordifenyltrichloretan. [online]. *Arnika.org*. 29. 11. 2010. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/dichlordifenyltrichloretan-ddt>.
45. ROHLENOVÁ, K. 2020. *Toxické látky v potravinách*. Bakalářská práce. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta zdravotnických studií.
46. RŮŽIČKOVÁ, V. 2015. Toxické látky v potravinách. [online]. *Toxicology.cz*. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=836>.
47. SARDAR, K. ALI, S., HAMEED, S., AFZAL, S., FATIMA, S., SHAKOOR B. M., BHARWANA A. S., TEUQEER M. H. 2013. Heavy Metals Contamination and what are the Impacts on Living Organisms. *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*. Vol. 2 (4), pp. 172-179, August 2013.
48. SOARES, S., BRANDAO, E., GUERREIRO, C., SOARES, S., MATEUS, N., FREITAS, V., 2020. *Tannins in food: Insights into the Molecular Perception of Astringency and Bitter Taste*. *Molecules*. 2020 Jun; 25 (11): 2590.
49. STINE, K., BROWN, T. 2015. *Principles of toxicology*. 3. vydání. ISBN: 13:978-1-4665-0343-4.



50. ŠEVČÍKOVÁ, P. 2008. *Toxické látky v potravinách rostlinného původu*. Bakalářská práce. Zlín. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická.
51. VELECHOVÁ, A. 2018. *Konzervační látky v potravinách a jejich vliv na zdraví člověka*. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Fakulta chemicko-technologická.
52. WANIBUCHI, H., KANG, J., SALIM, E., 2003. Toxicity vs. Benfical effects of phytoestrogens. *Pure and Applied Chemistry*. 75. pp. 2047-2053. DOI: 10.1351/pac20037.
53. World Health Organization. Arsenic. 2018. [online]. *Who.int*. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.
54. World Health Organization. Mycotoxins. 2018. [online]. *Who.int*. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
55. ZAKRZEWSKI. S. 2002. *Envirmental Toxicology, Third Edition*. New York: Oxford Universtity Press. ISBN 0-19-514811-8.
56. Zákony pro lidi – Sbíрка zákonů. Vyhláška č. 253/2018 Sb. [online]. *Zakonyprolidi.cz*. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-253>.
57. Zákony pro lidi – Sbíрка zákonů. Vyhláška č. 381/2007 Sb. [online]. *Zakonyprolidi.cz*. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-381>.
58. Zákony pro lidi – Sbíрка zákonů. Zákon 110/1997 Sb. [online]. *Zakonyprolidi.cz*. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110>.

## 8. Přílohy

### *Příloha č. 1: Dotazník*

#### 1. Jaké je vaše pohlaví?

- a) Žena
- b) Muž

#### 2. V jaké jste věkové kategorii?

- a) 18-25
- b) 26-35
- c) 36-45
- d) 46-55
- e) 56-65
- f) 66 a výš

#### 3. Jaké je vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

- a) Základní
- b) Střední odborné
- c) Středoškolské s maturitou
- d) Vyšší odborné
- e) Vysokoškolské – Bc.
- f) Vysokoškolské – Mgr., Ing., MUDr.

#### 4. Věnujete se pravidelně nějaké sportovní aktivitě, jako je běh, posilování, plavání, cyklistika, fotbal, hokej a podobně?

- a) Ano, několikrát do týdne
- b) Ano, 1-2x do týdne
- c) Ano, příležitostně
- d) Jen výjimečně
- e) Ne, vůbec

**5. Vybíráte při nákupu potravin podle jejich složení? Například podle obsahu přídatných látek (Éček) a podobně?**

- a) Ano, vždy
- b) Ano, občas
- c) Ne, vůbec

**6. Toxická látka je:**

- a) Jedovatá látka, produkovaná živými organismy
- b) Cizorodá látka, která nemá biologický původ
- c) Látka, která působí nepříznivě na lidské zdraví, v důsledku může vést k poškození zdraví, případně až ke smrti.
- d) Látka, která je schopna za nízké koncentrace vyvolat patologické procesy v těle

**7. Víte, jakými cestami se do těla dostávají toxické látky?**

- a) Ústy (Spolknutím)
- b) Plícemi (Vdechnutím)
- c) Přes kůži
- d) Všechny možnosti

**8. Účinek toxických látek závisí na:**

- a) Druhu látky
- b) Fyzikálně chemických vlastnostech
- c) Velikosti dávky a koncentraci
- d) Všechny možnosti

**9. Látka s karcinogenním účinkem:**

- a) Může způsobit rakovinu
- b) Poškozuje plod v těle matky
- c) Snižuje využitelnost ostatních látek

- d) Primárně poškozuje ledviny

**10. Teratogenní účinek látky znamená schopnost toxické látky:**

- a) Poškozovat plod v těle matky
- b) Poškozovat játra
- c) Poškozovat ledviny
- d) Způsobit neplodnost

**11. Antinutriční látky, jsou látky, které:**

- a) Způsobují rakovinu
- b) Způsobují střevní potíže
- c) Snižují využitelnost dalších látek
- d) Zvyšují využitelnost ostatních látek

**12. Vysoké množství alkaloidů se může vyskytovat:**

- a) V mase a mléčných výrobcích
- b) V nezralých bramborách a rajčatech
- c) Ve zralých bramborách a rajčatech
- d) Žádná z možností

**13. Riziko kontaminace potravin mikrobiálními toxiny hrozí především:**

- a) Při vysokých teplotách nad 75 °C
- b) Při teplotách do 4 °C
- c) Při nedostatečné tepelné úpravě
- d) V teplém a vlhkém prostředí

**14. Chronická expozice rtutí se projevuje příznaky:**

- a) Silnými bolestmi hlavy
- b) Průjmem
- c) Poškozením ledvin a poškozením nervové soustavy
- d) Všechny možnosti

**15. Mezi těžké kovy nepatří:**

- a) Olovo
- b) Sodík
- c) Arsen
- d) Rtuť

**16. Mykotoxiny se mohou vyskytovat především v:**

- a) Kukuřici, obilovinách a sóje
- b) Mase, vejcích a mléčných výrobcích
- c) Bramborách a rajčatech
- d) Čaji a kávě

**17. Dusitany se přidávají do zpracovaného masa z důvodu:**

- a) Lepší trvanlivosti a vzhledu
- b) Ochrany výrobků před viry
- c) Zvýraznění chuti
- d) Antioxidace

**18. Karcinogenní látky, které se mohou tvořit během zpracování uzenin, konzervovaného masa a ryb se nazývají:**

- a) N-nitrosaminy
- b) Dusičnany
- c) Methylxanthiny
- d) Žádná z možností

**19. Víte, k čemu se používají pesticidy?**

- a) Proti plevelným rostlinám
- b) Proti hlodavcům
- c) Proti houbovým chorobám
- d) Proti hmyzu

- e) Všechny možnosti

**20. Myslíte si, že zemědělské plodiny, určené pro spotřebitele, mohou obsahovat zbytky pesticidů?**

- a) Ano, ale jen určité povolené množství
- b) Ano, jakékoli množství
- c) Ne, žádné množství není povolené

**21. Při grilování a uzení masa mohou vznikat karcinogenní látky, které se nazývají:**

- a) Dusičnany
- b) Polycyklické aromatické uhlovodíky
- c) Kyanogeny
- d) Dichlordifenyiltrichlorety

## 9. Seznam obrázků

Obrázek č. 1	Paracelsus
Obrázek č. 2	Schéma difuze
Obrázek č. 3	Vrstvy kůže
Obrázek č. 4	Schéma neuronu a některých jeho částí
Obrázek č. 5	Nárůst světové populace a produkce fosfátových hornin
Obrázek č. 6	Vývoj spotřeby DDT
Obrázek č. 7	Graf jednotlivých věkových kategorií
Obrázek č. 8	Graf vzdělanosti respondentů
Obrázek č. 9	Graf sportovní aktivity respondentů
Obrázek č. 10	Graf analyzující výběr potravin respondentů podle složení produktů
Obrázek č. 11	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 6
Obrázek č. 12	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 7
Obrázek č. 13	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 8
Obrázek č. 14	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 9
Obrázek č. 15	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 10
Obrázek č. 16	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 11
Obrázek č. 17	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 12
Obrázek č. 18	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 13
Obrázek č. 19	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 14
Obrázek č. 20	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 15
Obrázek č. 21	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 16
Obrázek č. 22	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 17
Obrázek č. 23	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 18
Obrázek č. 24	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 19

Obrázek č. 25	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 20
Obrázek č. 26	Graf zobrazující výsledky respondentů u otázky č. 21
Obrázek č. 27	Graf úspěšnosti všech respondentů u jednotlivých otázek
Obrázek č. 28	Graf úspěšnosti adresátů podle vzdělání



## 10. Seznam zkratk

TC <sub>50</sub>	Toxická koncentrace 50
TD <sub>50</sub>	Toxická látka 50
LC <sub>50</sub>	letální koncentrace 50
LD <sub>50</sub>	Letální dávka
TDL <sub>0</sub>	Nejnižší toxická dávka
LCL <sub>0</sub>	Nejnižší toxická koncentrace
LDL <sub>0</sub>	Nejnižší smrtelná dávka
TCL <sub>0</sub>	Nejnižší toxická koncentrace
NOAEL	Žádná pozorovatelná úroveň nepříznivého účinku
LOAEL	Nejnižší pozorovatelná úroveň nepříznivých účinků
TWA	Časově vážený průměr
TL	Prahový limit
ADI	Akceptovatelný denní příjem
FDA	Správa potravin a léčiv USA
ADME	Absorpce, distribuce, metabolismus a exkrece
DDT	Dichlordifenyltrichlorethany
CNS	Centrální nervový systém
PNS	Periferní nervový systém
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
WHO	Světová zdravotnická organizace
MLR	Maximální limity reziduí
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky